ELEMENTI
DI
FISICO-CHIMICA

DEL R. P. GIAMBATTISTA PIANCIANI

DELLA COMPAGNIA DI GESÙ

PROF. NEL COLLEGIO ROMANO

UNO DE' XL. DELLA SOCIETÀ ITALIANA E MEMBRO
DI VARIE ACCADEMIE

VOL. II.



NAPOLI
DAI TORCHI DEL TRAMATER

1840.

LIBRO QUARTO

ELETTROLOGIA.

SEZIONE PRIMA

ELETTROSTATICA.

CAPO I.

Nozioni generali intorno all' Elettricità.

1. Gli antichi si avviddero che l'ambra gialla (*electrum, succinum*) acquista, stropicciata che sia, la virtù di tirare i corpicciuoli leggieri. Questo fatto, origin prima d'innumerabili indagini, diè nome a questo ramo della fisica. Trovarono pure gli antichi tal virtù in qualche altro minerale: fu poi trovata nel gagate (*a*); e quindi viderla in assai altri corpi Gilberto, l'accademia del Cimento, Boyle, Gray, Dufay ec. *Elettrizzato* dicesi un corpo allorchè per istropicciamento o per altro mezzo ha acquistata virtù di tirare i corpi leggieri di qualunque natura, di respingerli talvolta dopo il contatto o di mostrare altri effetti (scintille, scoppiettio ec.) che vanno congiunti all'attrazione de' corpi leggieri, e però diconsi *fenomeni elettrici*. *Elettrizzare* un corpo, è communicargli tal virtù. La cagione, qual' ella sia, de' fenomeni elettrici chiamasi *elettricità, fluido elettrico* o senza più *elettrico*. Per ora parliamo de' fenomeni, che possono dirsi *elettrostatici*: nella seguente sezione diremo de' fenomeni *elettrodinamici*, e del *magnetismo*, e nella terza de' fenomeni *elettrochimici*.

2. Si esplora se un corpo sia *elettrizzato* col *pendolo elettrico*: è una pallottola leggera, (Fig. 1.) e. g. di midollo di sambuco pendente da un filo di lino o di canape. Se è tirata dal corpo che esplorasi, questo è sensibilmente elettrizzato, e quanto è maggiore la virtù elettrica, tanto più da lungi quella è tirata. Più opportuno è l'elettroscopio di Haüy (Fig. 2);

(*a*) *Beda* Hist. Angl. *L. 1. C. 1.*

è un filo d' ottone o d' argento terminato da due palline dello stesso metallo ed equilibrato orizzontalmente su d' una punta d' acciaio: accostate lateralmente a una pallina un corpo e' lettrizzato; questo la trae a se.

3. I corpi atti ad elettrizzarsi collo stropicciamento o con mezzi analoghi, si dissero *idioelettrici*; e *anelettrici* (non elettrici) quei che non mostravano tal proprietà, come i metalli: ma questi corpi in altri casi appaiono tutt' altro che *anelettrici*, ond' è che queste voci sono ora quasi abbandonate. Gli accademici del Cimento videro che bagnando il corpo elettrizzato con acqua, vino, aceto, acidi, soluzioni saline, sangue ec., quello perdeva la sua virtù; ma non gliela toglievano altri liquori, come olio di mandorla, e nè pure sego, lardo o manteca. Più tardi Gray e Wheeler videro che i corpi *anelettrici* si elettrizzano toccando i corpi elettrizzati, e possono, in particolare i metalli, *condurre* l'elettricità a grandi distanze, purchè non comunichino col suolo. Non così gl' *idioelettrici*, e. g. la seta. Quindi si divisero i corpi in *conduttori* o *deferenti* che tolgono e conducon l'elettrico, e *coercenti* o *isolanti*. Una piastra metallica sospesa con funicelle di seta o sostenuta con manico di vetro coperto di cera lacca, stropicciata si elettrizza: ciò prova che i metalli sono in tal modo elettrizzabili, ma sostenuti dalla mano o da altro corpo *deferente*, cedono l' elettrico per mezzo di quello al suolo, il che non fanno ove li tocchin soltanto corpi *isolanti*, come vetro o cera lacca.

Generalmente gli *idioelettrici* sono *isolanti* e per converso: ma i corpi untuosi liquidi o molli, benchè *anelettrici*, sono *isolanti*, in particolare l' olio d' oliva.

4. I metalli sono i migliori *conduttori* dell' elettrico: il ramo o l' oro *conducono* assai meglio del platino, dello stagno, del ferro, del piombo e del mercurio. Il carbone conduce meno, ma anch' esso assai bene, se è stato arroventato. Questi diconsi *conduttori di prima classe*, come pure la piombaggine, le leghe metalliche e certi minerali metallici che conservano lo splendore metallico, o sono neri, e. g. il solfuro nero di mercurio, e il perossido nero di piombo. *Conduttori di seconda classe* chiamansi i liquori non oliosi o resinosi, (benchè taluno, come l' etere, sia a pena conduttore e più tosto *semicoibente*) e i solidi assai inumiditi dall' *Aq*. o da altri liquori deferenti. Gli acidi liquidi sogliono ben condurre; principalmente il nitrico, poi il solforico, indi l' ossalico e l' idroclorico. Alcune soluzioni salioo conducon pure assai bene. Mediocremente quelle di soda e di potassa. Debole anzi che no è la virtù deferente dell' *Aq*. stillata, ma cresce se tenga sciolti o acidi o sali alcali, o anche iodio, bromo o cloro, benchè questi corpi so sono affatto privi d' *Aq*. non sieno conduttori. I liquori vegetali conducon meglio dell' *Aq*. pura, ma meno de' liquori animali: l' alcool un po meno dell' *Aq*.

5. Ottimi *isolanti* o *coibenti* sono fra i solidi lo spato d' Islanda e il topazio senza colore, indi l' ambra, la cera lacca e la gomma lacca. Il vetro sembra men buono, perchè la sua superficie facilmente cede l' elettrico ov' è toccata, ma però più tosto si lascia spezzare che attraversare da esso. Coibenti a un di presso come il vetro sono il quarzo, il diamante e in generale le pietre trasparenti e senza colore. Assai isolanti sono in generale i corpi resinosi, il solfo, il gagate, le piume d' uccelli, la seta, i peli animali, e l'aria secchissima. Faraday considera i gas come isolanti perfetti.

6. Salvo i conduttori di prima classe, pare che generalmente i solidi debbano la virtù deferente all' umidità. Molte sostanze sono assai coibenti disseccate artificialmente col calore, e lo sono stabilmente se quindi siansi come cotte nell' olio, cera, solfo o in altri simili coibenti che vietano il ritorno dell' umidità. S' è ciò osservato e. g. nella carta, mattoni, mol-

pietre, cuoio, ossa, gusci d'uova e d'ostriche, e in ispecie ne' legni. Se tai corpi sieno secchi naturalmente, cioè mediocremente, non sono che *semicoibenti*. Se sieno più tosto umidi che secchi, voglion dirsi più propriamente conduttori imperfetti: così pure, se sono stati nell'aria umida, la superficie del vetro e d'altri isolanti facili a inumidirsi. L' *Aq.* combinata nei sali solidi non toglie loro la virtù isolante.

I coibenti spesso lasciansi attraversar dall'elettrico se dal calore sien fusi o rammolliti (solfo, cera lacca, gomma lacca), o solo assai riscaldati (vetro).

In generale i corpi tanto meglio conducon l'elettrico, quanto più conducono il calorico, e quanto più contengono di umidità. Ma probabilmente anche qui i liquidi conducono principalmente per cagione diversa da quella da cui dipende la facoltà deferente de' solidi.

7. Prendete due palline di midollo di sambuco pendenti ciascuna da un fil di seta, e due cilindri uno di vetro e uno di cera lacca. Elettrizzate questi stropicciandoli con un panno; indi, toccandola col vetro, elettrizzate una pallina, e l'altra colla cera lacca: si attraggono. Avvicinate alla elettrizzata dal vetro lo stesso vetro, o altri corpi, come spato d'Islanda, diamante, pelle di gatto ec., stropicciati dallo stesso panno; la pallina è respinta: sarà tirata dalla cera lacca, dalla gomma lacca, dall'ambra, dal solfo ecc. similmente elettrizzati. Tutto il contrario osserverete nell'altra pallina. Dunque *vi sono due elettricità o due forze elettriche*, delle quali una trae ciò che l'altra respinge e per converso. Quella che si osservò comunicarsi dal vetro, si disse *vitrea* e l'altra *resinosa*: poscia la prima si chiamò *positiva* $+a$, e la seconda negativa $-a$, e così noi le chiameremo. Si vede che *i corpi, i quali hanno l'elettricità dello stesso nome si respingono, e quei che l'hanno di nome contrario si attraggono.* Basti qui avere accennata questa fondamentale verità, che in molti modi si conferma.

8. Fra i sistemi immaginati per ispiegare questi ed altri moltissimi fatti, due si trovano a ciò opportuni. Uno è quello di Franklin, che più o meno modificato, è stato adottato da Epino, Beccaria, Volta ec. In questo sistema ogni corpo *in istato naturale* contiene certa dose di fluido elettrico, i corpi elettrizzati positivamente ne hanno *in eccesso*, e ne soffron *difetto* gli elettrizzati negativamente, talchè i corpi elettrici *per eccesso* o *in più* e gli elettrici *per difetto* o *in meno* sono a un dipresso analoghi a' corpi caldi e freddi: tra questo fluido imponderabile soprabbondante ne' corpi e i corpi *in difetto* è mutua attrazione, e mutua ripulsione (sia reale, sia apparente) fra le quantità d'elettrico soprabbondanti in più corpi, come pure fra i corpi in difetto.

L' altra ipotesi de' due fluidi imponderabili proposta da Symmer fu esposta e seguita da Coulomb, Haüy ecc. Suppongono questi ne' corpi in istato naturale il fluido elettrico *neutro*, composto da' due fluidi *positivo* o *vitreo* e *negativo* o *resinoso*; l'elettrizzarsi de' corpi è uno scomporsi di quel fluido ne' suoi elementi. Stropicciando fra loro due corpi isolati eterogenei, uno si trova positivo, l'altro negativo: secondo questo sistema ad uno è restato aderente il fluido positivo, all'altro il negativo: gli atomi di ciascun fluido mutuamente si respingono, e quelli d'un fluido attraggono quelli dell'altro: questa è attrazion chimica, ma però si suppone esercitarsi anche a grandi distanze.

Ci serviremo del primo di questi sistemi, ma senza considerarlo, almeno per ora, se non come una ipotesi semplice e opportuna a collegare e spiegare i fatti sì copiosi e sì vari, nel laberinto de' quali fa duopo, a chi non vuol perdersi, del filo d'un sistema.

Molti fenomeni fisici e chimici sono atti ad eccitare elettricità. Per ora parliamo soltanto

CAPO II.

Dell' Elettricità eccitata con mezzi meccanici.

9. Lo stropicciamento è il primo mezzo conosciuto, e può anche ora dirsi il più volgare per eccitare l'elettricità. *Allorchè stropicciansi insieme due corpi di natura diversa, o diversi per qualche proprietà della superficie, o che diversamente si modifichino da esso stropicciamento, passa più o meno d' elettrico da uno all' altro : perciò, se sieno o coibenti o isolanti, uno mostra elettricità +ª e l' altro —ª.* Se uno è conduttore e non isolato nulla mostra, poichè la sua elettricità si perde nel suolo, ossia dà al suolo l' elettrico ricevuto o da esso riceve il compenso di ciò che ha perduto. Se ambo i corpi son buoni conduttori isolati, l' elettricità è assai debole.

L' umidità è assai contraria a queste sperienze, anche perchè rende meno eterogenee le superficie dei corpi, che mutuamente stropicciansi.

10. Benchè i liquidi generalmente non si elettrizzino con questo mezzo neppure que' che sono più coibenti e più eccitabili in istato solido, il mercurio fa eccezione. Il P. Beccaria elettrizzava un disco di cristallo, facendolo girare in situazione verticale con un segmento immerso nel mercurio. Immergendo in esso un cannello di cera lacca, di gomma lacca o di vetro, si trova ordinariamente elettrizzato, e anche talora dopo aver senza più con esso percosso fortemente o leggermente premuto la superficie del mercurio. Dunque queste operazioni o la seguente separazione destano elettricità nel mercurio, che non bagna questi corpi. A questo fenomeno dee riportarsi la luce che osservavasi agitando il mercurio in certi barometri (*a*).

11. Anche la confricazione dell' aria con un solido desta elettricità. L'aria asciutta spinta con impeto, e. g. mediante un forte mantice, contro la faccia d' una resina lucida e monda, vi eccita una debole elettricità : così agitando nell' aria asciutta un fazzoletto di seta.

Pare che con questo mezzo i corpi acquistino una passeggiera tendenza a cedere porzione del proprio elettrico, ma alcuni maggiore, alcuni minore, ovvero una tendenza a toglierlo agli altri corpi, ma quelli minore, questi maggiore.

12. Alcune specie di corpi, come la cera lacca, gli altri corpi resinosi, e i più fra i metalli mostrano tendenza a dare, ossia prendono facilmente el.ª —ª. Altri per opposito, come il diamante e gli altri cristalli trasparenti, e generalmente i corpi d'apparenza vitrea, le pellicce pelose e. g. di lepre, ec.

Ecco una serie (approvata da valenti fisici) di corpi, ognun de' quali suol prendere el.ª +ª stroppicciato co' susseguenti, e —ª co' precedenti.

1. Pelle di gatto col pelo.
2. Vetro liscio.
3. Stoffe di lana.
4. Piume.
5. Legno.
6. Carta.
7. Seta.
8. Gomma lacca.
9. Vetro smerigliato.
10. Solfo.

Generalmente un corpo tanto più divien +º quanto più l' altro affetta l'elettricità —ª, e per converso. Dalla natura della superficie dipende la natura dell' elettricità : il vetro inverniciato con gomma lacca tende a elettrizzarsi negativamente.

13. I solidi che stropicciati in massa un coll' altro o contro l' aria, sono assai restii a elettrizzarsi, danno segni non dubbi d' elettricità, se ridotti in minuzzoli o in polvere, stropiccinsi o si faccian passare per uno staccio o crivello, benchè di metallo o si lancin con impeto nell' aria. Ciò

(*a*) *I. F.C. IV. § 18.*

s' è sperimentato infino nel ghiaccio polverizzato e nella neve, purchè asciutti, nelle sabbie ferruginose e piritose, e nella polvere di carbone (Cavallo, Bennet, Volta).

Molte circostanze (talora indeterminabili) influiscono sulla natura dell' elettricità che mostra il corpo stropicciato: una è un preceduto stropicciamento con altro corpo (Belli).

14. La temperatura elevata accresce ne' corpi la tendenza a divenir —i, ed alcuni conservano questo effetto, lungo tempo dopo che il calore è svanito (Volta). Se due corpi omogenei, a differente temperatura, stropiccinsi insieme, il più caldo suol prendere el.à —a (Bergman, Beccaria).

Fate strisciare in tutta la sua lunghezza un nastro di seta sopra una data parte d'altro simil nastro, quello divien +o, questa —a. Da molte analoghe sperienze s' è dedotto che di due corpi omogenei o quasi omogenei quello, le cui parti patiscono maggiore stropicciamento, diviene —o (Bergman, Beccaria). Questa legge può essere una conseguenza della preceduta.

I corpi scabri tendono generalmente più che i lisci a prendere el.à —a (Volta, Coulomb): gli scabri so stropiccinsi si riscaldano più. La seta stropicciata da un metallo scabro tende all'el.à —a (Coulomb): in questo caso pare che la seta si scaldi più del metallo assai miglior conduttore del calorico. Il riscaldamento prodotto dallo stropicciamento tende a render —° il corpo che meno conduce il calorico (Peclet).

Una stoffa di seta nera dà ad una bianca: così una stoffa di lana (Symmer, Beccaria): sembra ciò dipendere dall' asprezza de' tessuti neri. Tendono più all' elettricità —a i metalli coloriti (oro, rame, ottone) che non i bianchi, specialmente stagno e piombo (Volta).

15. Analoga allo stropicciamento è la percossa. Si elettrizza il vetro asciutto, percuotendolo con martello di legno, e i legni disseccati al fuoco, battendoli o spezzandoli (Volta).

Becquerel ha osservato in più modi l' el.à che si desta per istropicciamento o percosse fra i metalli. Lasciando cadere la limatura fina d'un metallo sur una piastra dello stesso metallo, la limatura acquista el.à —a; solo l' antimonio la prende +a. Su piastre d'altri metalli acquistano le limature or questa or quella elettricità. Quella di zinco è —a sull'oro, sul platino, sull' argento, sul carburo di ferro, sul rame, sullo stagno purchè questi non sieno caldi considerabilmente; è +a sul ferro, sul bismuto, sull' antimonio. L'effetto è maggiore, se la percossa è più rapida. Gli ossidi e i solfuri son —i rispetto a' loro metalli (a).

Limando o raschiando de' corpi, e ricevendo le particelle, che cadono in un piatto metallico isolato, si hanno segni elettrici non deboli, anche da' corpi che stropicciati senza isolarli li danno debolissimi e per lo più li negano, e. g. legni ed ossi mediocremente secchi, allume, solfato di calce cristallizzato, zucchero, e ghiaccio, purchè se ne intacchino le parti interne non umide: le particelle di questo si son trovate +e. Il carbone raschiato con coltello si elettrizza pure ma debolmente (Volta). Se in giornate fredde e secche dal legnaiuolo si piallano le tavole, i brucioli escon talora forte elettrizzati, e s' attaccano alla pialla e ad altri corpi.

16. Colla pressione eziandio si desta elettricità in non pochi corpi (Volta, Haüy). Dalle sue sperienze deduce Becquerel; 1. quanto più i due corpi, fra i quali s' esercita la pressione, s' avvicinano a esser buoni conduttori, tanto è più difficile destar così elettricità e tanto più è uopo che separinsi rapidamente; 2. durante la pressione, non si ha alcun segno elettrico; 3. anche qui la diversa tempe-

(a) Ann. de Ch. et Phis. *XXII. 5. XLVII. 113.* Traité de l' Electr. et du magnet. *T. H. p. 114. 121.*

rie rende i corpi come eterogenei; 4. l' effetto, separando velocemente, è sensibilmente proporzionale alla forza di pressione, almeno da uno a 10 chilogrammi ec. Secondo le sperienze di Peclet, pare che l'aumento della pressione favorisca l' effetto elettrico solo in certi corpi, e in questi fino che procura più squisito contatto fra le parti che premonsi mutuamente.

17. La separazione delle parti d'un corpo eccita talora elettricità. Becquerel, attaccando a due lamine di mica naturalmente congiunte, due manichi isolanti e separandole rapidamente, trovò in esse le elettricità contrarie. Ebbe simile effetto da qualche varietà di talco, di solfato di calce (privato d'*Aq.* e scaldato) e da altri minerali non conduttori cristallizzati. Un foglio di carta grossa, che si lasci dividere secondo la spessezza, mostra effetti analoghi. Ma il caso è raro ne' corpi che dividendosi danno superficie scabre.

18. Alcuni fatti posson ripetersi o dalla divisione o dalla compressione e. g. l' elettricità destata premendo sul taffettà inverniciato un disco metallico isolato e poi separandolo (Libes), o separando da un vaso, cui consolidandosi aveva aderito, il solfo, o la gomma lacca.

È da por mente che la separazione ha luogo ogni qualvolta s'elettrizza un corpo raschiando, premendo o stropicciando: onde non sembra improbabile che questi modi d'eccitamento riducansi ad uno, od almeno che in gran parte si debban gli effetti all' agitazione moleculare, ossia al calorico, che destasi nell' atto del distacco, e dispone inegualmente le molecule superficiali a cedere il loro elettrico. Fra un liquore e un corpo che ne esce bagnato, non v' è separazione, nè elettricità per istropicciamento o pressione. Ma non ci affrettiamo a stabilire principi generali.

CAPO III.

Della Macchina Elettrica, e degli Elettrometri.

19. In più maniere si fa la macchina elettrica. Una semplice ed efficace è presentata dalla fig. 3. V V è un disco di vetro forato nel centro e trapassato da un asse che porta il manubrio *m*. Due o quattro cuscinetti *cc* di cuoio pieni di crini di cavallo stringono e stropicciano il disco. D è il conduttore (suol farsi d' ottone) che presenta al disco le punte *p*: dacchè le punte meglio ricevon l'elettrico e meglio lo cedono: però s' ha cura che in tutto il resto del conduttore non siano punte o spigoli: questo è sostenuto da una colonnetta di vetro, ch' è bene coprire di cera lacca o vernice. Altro conduttore *e*, cui sono applicati i cuscinetti, sostenuto da simil colonna, comunica col suolo per una catena metallica *m*. Ad accrescer l' effetto, ungonsi i cuscinetti con amalgama di stagno o di zinco. Assai buono si ha scaldando 7 parti di mercurio un poco sopra i 100° C., poi unendo ad esso 2 parti di stagno e 4 di zinco fusi: si agita forte il recipiente; si pesta l' amalgama, e ci si unisce dello strutto quanto basta a farne una pasta. Si fa ancora con 2 parti di mercurio 1 di *Sn*, 1 di *Zn*.

Girando il disco, questo s' elettrizza: l' elettrico si comunica subito al conduttore, cui, se avvicinisi un metallo o il dito, l' elettrico si slancia con luce e scoppiettio. Osservando la *lunghezza della scintilla*, cioè la distanza, a cui essa è lanciata a pari circostanze, si esplora la forza relativa della macchina. Avvicinando al conduttore il rovescio della mano, si ha una particolar sensazione (*a*). Si sente anche un odore analogo a quello dell' idrogene o del fosforo.

L' accumularsi dell' elettricità + del vetro nel conduttore cessa, se questi sono giunti ad equilibrio elettrico, cioè se l' egualità delle pressioni non permette altro passaggio dal vetro al conduttore: così più non esce aria

(*a*) *V. più avanti* N.° 58.

d'un vaso, ov'era condensata, quando le pressioni esterna e interna sono eguali.

20. Si è detto che mancano gli effetti nella macchina, se a' cuscinetti è applicata un'amalgama non ossidabile (di platino o d'argento). Possono queste amalgame riuscir poco atte ad elettrizzare il vetro: ma al certo l'ossidazione non è condizione essenziale all'elettricità di stropicciamento. Gay-Lussac osservò che si ha el.^{à} con amalgama ossidabile in atmosfera d'ac. carbonico, se questo è privato della più gran parte della sua *Aq*. Peclet ha osservato il medesimo. H. Davy vide una piccola macchina el.^{a} operare bastantemente nell'idrogene; e nell'ac. carbonico meglio che nell'aria comune. Generalmente i gas sono più coibenti se sieno più densi.

21. Se vuoi accumularsi el.^{à} —^{a} in luogo della +^{a}, si fa comunicar col suolo il conduttore D; si toglie la catenella *m*, e da' cuscinetti ora isolati si riceve l'elettricità in un conduttore simile a D.

Si ha pure el.^{à} —^{a}, se il disco è di solfo e i cuscinetti son coperti di pelle di gatto. Così, collo stesso stropicciante, se si fa la macchina, prendendo circa due metri di taffettà inverniciato, cucendone insieme l'estremità e tendendo il taffettà su due cilindri mobili, a un de' quali è applicato un manubrio che mette in moto la macchina.

Nelle macchine è talora invece del disco un cilindro o un globo di vetro: questi sono più soggetti a spezzarsi. È ben che non sieno attraversati da un asse metallico e sieno all'interno spalmati di cera lacca (*a*).

22. Sogliono al conduttore applicarsi due pendolini, che omologamente elettrizzandosi, col loro divergere mostrano la forza dell'elettricità.

Suol porsi sul conduttore il *quadrante-elettrometro* di Henley F, nel quale una paglia lunga 3 poll. terminante in una leggiera pallottola (di circa 3 linee di diametro) alzandosi tra due semicerchi di legno graduati (di circa 2 poll. raggio) indica e in qualche modo misura l'elettricità. È meglio porre tal'elettrometro alla estremità d'un conduttore isolato (Fig. 4) o avvicinar questo al conduttore della macchina.

Fra i migliori *elettrometri* merita menzione quello del Volta *a paglie*. Si prende una boccetta quadrata di cristallo (Fig. 5) larga 20 o 26 linee e poco più alta: se le adatta al collo un cappelluccio d'ottone, in forma di pallina o disco, da cui scende un'appendice cilindrica schiacciata nel fine e avente ivi 2 fori, cui s'attaccano per 2 anellini di filo d'ottone, due pagliuzze lunghe circa 2 pollici, dirittissime e non più grosse di $\frac{1}{6}$ o $\frac{1}{4}$ di linea: queste pendono parallele e vicinissime. Il collo della boccetta vestesi internamente di cera lacca: il fondo è di metallo: con questo comunicano due laminette di stagno saldate alle pareti della boccetta e alte a segno da esser toccate dalle paglie, se queste assai divergano. Tal divergere si misura da una carta divisa in gradi e attaccata alla boccetta. Il pregio di questo strumento è che il divergere delle paglie cresce quasi in esatta proporzione dell'energia elettrica. All'occasione si sovrappone utilmente al cappelletto un filo metallico alto circa 2 piedi, specialmente per esplorare l'elettricità dell'atmosfera.

Nell'*elettrometro a foglie d'oro*, alle pagliuzze del precedente sostituisconsi 2 listo di foglia d'oro lunghe circa 18 linee e larghe 2. La sua esquisita sensibilità lo fa più atto ad esplorare le deboli elettricità.

23. Assai sensitivo è l'*elettroscopio di Coulomb*. Un filo di seta *s* (Fig. 6) sostiene un ago orizzontale di gomma lacca *g* terminante in un cerchietto metallico leggerissimo *o*. Il filo è fisso in C, ove si può avvolgerlo e sv...l-

(*a*) *V. Belli* Fis. *T. III*. N.° *878 892*. *Gazzanica* Ann. delle Scienze del R. Lomb-Veneto *1832 p. 359*.

gerlo per una rotella, e anco torcerlo per mezzo d' un cerchio mobile. Un cilindro di vetro VV preserva l'ago da' moti dell' aria ed ha una circonferenza graduata: per il foro A passa un cilindretto metallico che a' due capi ha due palline metalliche, una interna dorata, l' altra esterna. Si comunica l' elettricità a questo o per esso al cerchietto o. Per la ripulsione fra corpi similmente elettrici, questo descrive un arco e così palesa o misura la forza elettrica.

Molto sarebbe da aggiungere sugli elettrometri: ma in un compendio possono omettersi assai cose importanti pel fisico, ma non già per il più degli studenti (*a*).

Di altri *misuratori dell'elettrico* verrà in seguito occasione di favellare.

CAPO IV.

Della Capacità per l' Elettrico, della Tensione, e della Carica.

24. I corpi elettrizzati hanno una *tensione* proporzionale all'attrazione e alla ripulsione che esercitano, e una *carica elettrica*. L' attrazione e gli altri effetti elettrici rispondono allo sforzo dell' elettrico o del corpo tendente a ristabilir l'*equilibrio* ossia lo *stato naturale*, o almeno l' *equilibrio rispettivo* cioè l'ugualità di pressione elettrica fra corpi comunicanti. Questo sforzo dicesi *tensione elettrica*, e indica il maggiore o minore sbilancio dell' elettrico: però i vari fenomeni elettrici, o. g. la scintilla, la ripulsione o l' attrazione, misurano la tensione: dacchè dalla distanza, a cui il corpo lancia la scintilla, si arguisce la maggiore o minor tensione: ma questa meglio misurasi colla ripulsione negli indicati elettrometri (§ 21, 22, 23). La *tensione* d' un corpo è +ª se quello è elettrico in più, è —ª se è elettrico in meno. Quanto è maggiore la tensione +ª di A o la —ª di B, tanto meglio l' el.º passa da A in B.

(*a*) *V. Belli* Fis. *T. III. C. VIII.*

25. *Carica elettrica* si dice la quantità sia d' el.º soprabbondante ne' corpi +ⁱ, sia d' *elet.º naturale* mancante ai —ⁱ: quella è carica +ª, questa —ª. *Colla stessa carica può esser diversa tensione in due corpi, e reciprocamente*; perchè la *capacità elettrica* è diversa ne' 2 corpi. Una piccola carica dà segni elettrici sensibili in un conduttore di piccola superficie; non li dà, o li dà assai minori, se la superficie è ampia. Così poche gocce d' *Aq.* bollente riscaldano sensibilmente una piccola massa d' *Aq.*, non già una grande. Essendo elettrizzate e aperte le paglie dell' elettrometro, se toccate il cappelluccio con palla P metallica isolata (piena o vuota, è tutt' uno), subito le paglie s'avvicinan fra loro, e se toccate P con simil palla isolata, quelle più avvicinansi, e aggiungendo altre simili palle, benchè isolate, si chiudono. Dunque in ragion dell' aumento di superficie del conduttore scema la *tensione*, benchè non iscemi la *carica*.

Elettrizzate un vaso metallico isolato, nel cui fondo sia raccolta una catena: due fili conduttori applicati al vaso si aprono. Stendete la catena per mezzo d' un corpo isolante: quelli si chiudono; ma tornano ad aprirsi, se tornate ad ammassar la catena in fondo al vaso.

Avvolgete a un cilindro conduttore isolato, o girevole attorno a un asse orizzontale per un manubrio isolante, una pieghevole e lunga lamina o fascia metallica *m* che termini in semicerchio: elettrizzandola, apronsi i fili di lino comunicanti col cilindro, e terminanti in pallino di midollo di sambuco. Dispiegate a poco a poco *m*: i fili si ravvicinano. Ravvolgete *m* attorno al cilindro: i fili si rallargano.

26. Dalle cose esposte conseguita: I. *La capacità di carica de' conduttori* (l' attitudine a ricevere maggiore o minor carica) *è in ragion diretta delle superficie*. Meglio diremo: *delle superficie libere*, ossia lontane

da superficie similmente elettriche. La catena raccolta in fondo al vaso o distesa, ha sempre la stessa superficie, ma le parti di essa son troppo vicine nel primo caso. Vedremo meglio più avanti come la capacità varii secondo la figura de' corpi e la loro posizion rispettiva.

II. *Data la stessa capacità, la tensione è in proporzione della carica.* Un buon elettrometro per una data carica segna 1° di tensione: perchè ne segni 2 o 3, è uopo di carica doppia o tripla.

III. *Due corpi diversi in capacità hanno tensioni uguali, se le cariche sono proporzionali alle capacità.* Due conduttori a contatto debbon aver tensione uguale; ma se hanno diversa capacità, debbono aver carica diversa; come debbono aver pari temperatura, ma copia diversa di calorico, se hanno pel calorico diversa capacità. A raddoppiar la pressione sul fondo d' un vaso cilindrico d'*Aq.*, è duopo raddoppiar l'*Aq.*, acciocchè sia doppia l'altezza, cui è proporzionale la pressione. Se il vaso si dilata superiormente in cono rovesciato, perchè restin le stesse altezze e pressione, è duopo aggiunger *Aq.* in ragione della cresciuta *capacità*: se ciò non si fa, l'*Aq.* preme tanto meno quanto più il vaso è divenuto *capace*. Se poi si versi pari copia d'*Aq.* ne' cilindri A e B, e B è più *capace*, l'*Aq.* sale in B ad altezza tanto minore quanto esso è più largo, e produce minor pressione sul fondo. Applicate.

IV. *La tensione d' un corpo per una data carica è in ragione inversa della sua capacità.* Crescendo questa, dee calar quella; e se quella cresce senza aumento di carica, è segno che questa è *diminuita.*

CAPO V.

Dell' Elettricità per Influsso.

27. *Un corpo A elettrizzato opera sempre sull' elettrico d' un altro corpo B vicino, sia B isolato o no, sia elettrizzato o no.* Se A è elettrizzato positivamente, l'elettrico di B è cacciato verso le parti d esso B più lontane da A, e tratto verso le più vicine da A, se questo ha el.ª —ª. L'effetto siegue agevolmente se B è conduttore; ne' semiconduttori, e più ne' coibenti è lento e spesso imperfetto. Lo spazio in cui il corpo elettrizzato produce sensibilmente questo e simili effetti si dice *atmosfera elettrica.*

Sia A (Fig. 7.), un corpo conduttore o coibente, elettrizzato positivamente. Se gli accosti il cilindro C metallico, e isolato, ma non tanto che l'elettrico di A passi ad esso. Più coppie di fili di lino terminati da pallottoline di midollo di sambuco, pendenti da C, ne dicono ch' esso è elettrizzato. Esplorandone l' elettricità, si trova —ª in N, +ª in P, e decrescente da N e da P, fino a un punto intermedio, ove C è in istato naturale. Opposto è l' effetto se A è —°. A nulla ha ceduto a C. Si allontani C da A, o questo si scarichi: C torna subito a stato naturale. Dunque C era elettrizzato come dicesi, per *induzione* per *attuazione* o per *influsso*, cioè solo per lo sbilancio del suo elettrico naturale, ma superficiale; perocchè l' interno del corpo resta in istato naturale. A *induce* in C tensione elettrica ed *attua* ossia riduce ad *atto* il suo el.° naturale. Questi fatti dimostrano l' esistenza dell' elettrico ne' corpi che sono in istato naturale. Se C è composto di 2 conduttori *p* ed *n* a contatto, e questi si separano, prima che A sia allontanato o scaricato, si trovano uno +° e l' altro —°. Gli effetti sono maggiori nelle parti sporgenti del corpo attuato, assai minori e anco insensibili nelle parti cave o coperte da altre. L' induzione, a pari distanza, è in ragion diretta della forza elettrica del corpo attuante.

28. È facile conoscere se un corpo ha *el.*ª *di carica* o *condotta*, ovvero solo *d' influsso* o *indotta*. Un corpo isolato dà segni elettrici, essendo vicino e. g. alla macchina elettrica. Allontanatelo da quella, lasciandolo isolato; i segni durano? la sua el.ª è

condotta: svaniscono? era *indotta*. Un cannello di vetro elettrizzato toccando il cappelletto dell'elettrometro, dà a questo elettricità di carica, s' è forte elettrizzato: se lo è debolmente, l'elettrizza per influsso, e rimosso il vetro, i segni cessano.

Se un corpo A è forte elettrizzato, C che si credeva *attuato*, si trova talora aver soltanto l'el.à di A e la ritiene allontanatone. Allora A ha dato a C porzione della sua el.à per mezzo dell'aria frapposta.

29. Mentre C è sotto l' influenza di A, comunichi anche solo un istante col terreno, e poi torni isolato. C ha el.à *di carica*, contraria a quella di A. Tal' el.à di C s' osserva assai meglio, allorchè A è allontanato o scaricato. Se A era +°, C ha dato al suolo l'el.à cacciata da A. Se A era —°, C ha ripreso dal suolo l'elettrico necessario a cessare lo stato —° della parte d' esso C, che avea ceduto porzione del suo alle parti più vicine ad A. Quindi è, che per l'elettrico dato al suolo o trattone, C ha meno o più del suo elettrico naturale.

Facciamo che duri la comunicazione di C col terreno. Le sue parti più lontane da A non danno segni elettrici, e sottratto C all' azione di A, torna al suo stato naturale. L' el.à contraria a quella di A, ch'era restata sola in C, si perde nel suolo, se C comunica con questo anco per un momento, dopo ch' è sottratto all' influsso di A. Si vede che un conduttoro non isolato dee prendere soltanto lo stato el.° contrario a quello del corpo attuante, più forte ove gli è più vicino, più debolmente altrove.

Sia C, ed elettrico in + o in —, e s' avvicini ad A +°: nel primo caso porzione dell' el.° di C della parte volta ad A (che talora diviene —a) passa all' altra estremità; e per converso nel secondo caso. S'osserva il contrario, se A è —°.

30. La vicinanza di due corpi similmente elettrizzati o che similmente si elettrizzano, diminuisce in ambedue la capacità, e perciò a una data carica, crescono le loro tensioni. Per contrario di due corpi oppostamente elettrizzati cresce per la vicinanza la capacità e scema la tensione. Ciò pure accade a un corpo elettrizzato se abbia vicino un conduttore non isolato: questo per influenza prende el.à contraria alla sua. L' elettrico d' un corpo cresce virtualmente e mostra più efficacia a cagione della prossimità d' altri corpi abbondanti d'elettrico, e la mostra minore per l' avvicinamento di corpi di esso scarseggianti. L'el.° di un corpo +° respinto da quello di simil corpo, fa più sforzo per uscirne, ossia ha maggior tensione +a, e però il corpo è meno atto a ricevere nuovo el.° ossia scema la sua capacità +a. Al contrario nel corpo —° sembra che il residuo dell'el.° naturale (dacchè questo mai non si scarica affatto) non solo sia attratto verso l' altro corpo —°, e così lasci porzione del primo realmente più —a, più attraente l' el.°, e più atta a riceverlo, ma ancora sia in tutto il corpo meno energico, meno attivo o virtualmente diminuito; ond' è che il corpo si mostra più—° e più è disposto a ricever l' el.° ossia ha maggior tensione —a. Se un corpo P è +° e l' altro N —°, l' el.° abbondante di P, attratto da N, tende, meno ad abbandonare esso P, e a comunicarsi ad altri corpi, ossia ha minor tensione: per opposito essendo il residuo dell' el.° naturale di N respinto dall' el.° di P, dovrà mostrare minor tensione —a. Da ciò consegue che P per arrivare a una data tensione dee ricevere maggior copia d'el.° che non gli sarebbe duopo senza tal vicino, e così N perderne copia maggiore.

31. Due conduttori cilindrici posti uno a lato dell'altro, e elettrizzati colla macchina el.a arrivano con minor numero di giri del disco a un dato grado di tensione indicata dall'elettrometro, che gli stessi collocati uno appresso all'altro in una stessa linea: ma però quando questi e quelli hanno acquistato la stessa tensione, questi danno scintilla molto più forte, indizio di più copiosa el.à ricevuta nelle stesso circostanze per capacità maggiore.

Abbiano due dischi metallici pari tensione, ma uno $+^a$ e uno $-^a$: avvicininsi faccia a faccia: le loro tensioni vanno scemando, e se l'avvicinamento sia grandissimo, ponendoli uno sull'altro, divisi soltanto da sottil vernice coibente, può la tensione farsi insensibile e i dischi trovarsi in *istato naturale apparente*: l'el.^{à} così divenuta insensibile dicesi *dissimulata*.

Elettrizzate un disco metallico isolato posto vicino e in faccia a un'altro non isolato. Il primo riceve carica assai maggiore che non mostri l'elettrometro, e ciò in grazia del vicino che l'elettrizza contrariamente per influsso. Allontanato questo, cresce nel primo assai la tensione, pel cessare dell'aumentata capacità. Ravvicinatelo: questa ricresce, e ricala la tensione. Se i 2 dischi paralleli e contrapposti sono sottili e uguali, (o il non isolato è maggiore) la capacità è prossimamente in ragion diretta semplice dell'ampiezza delle superficie, che si guardano, e inversa della distanza, purchè questa sia minore di $\frac{1}{26}$ del diametro del disco isolato (*a*). Ciò che s'è detto di 2 dischi non s'avvera in uno, cui s'avvicini una punta metallica o lo spigolo dell'altro disco.

32. Ora s'intende ciò che si è detto (§ 26) che la capacità è in ragione delle superficie *libere*, ossia dell'ampiezza e della libertà delle superficie. Tanto è maggiore la capacità d'una superficie (o d'una parte d'essa) quanto più dessa è libera dell'azione d'altre superficie (o d'altre parti) similmente elettriche. Quindi è che, a pari superficio, un conduttore sferico ha minor capacità d'uno cilindrico, e uno cilindrico grosso meno d'uno sottile: ma la sottiglielza non debbe esser troppa; poichè se il cilindro non è maggiore d'un grosso filo d'ottone, l'el.^{à} facilmente si disperde nell'aria. S'è osservato che un piede quadrato di stagno ha assai men capacità d'un bastoncello di stagno d'egual superficie.

33. Facilmente s'intende pure la virtù delle punte. *Una punta metallica avvicinata a un corpo elettrizzato, riceve l'el.^{à} a distanza molto maggiore che non una palla o un conduttore piano; e una punta che sporge fuori d'un conduttore elettrizzato ne promuove la scarica più che un corpo d'altra figura.* Però il conduttore della macchina (§ 19) si fa terminare in punto o in punta là ove riceve dal vetro, e per tutto altrovo è levigato e ritondo ad impedire il disperdersi d'esso el.^{e} Adattando al conduttore una punta metallica, l'elettrometro a quello annesso, resta assai più basso che senza la punta, pel disperdersi della carica el.^{a} o tanto più quanto più la punta è acuta e sporgente. Non ha la punta una misteriosa virtù per trarre o lanciare l'el.^{e} Un conduttore puntaguto non oppone resistenza al passar dell'el.^{e} Se invece il conduttore presenta al corpo elettrizzato una superficie sferica o piana, indebolisce la tensione di quella; e se è elettrizzato il conduttore terminato in palla o in piano, s'indebolisce per la prossimità d'altro corpo la tensione sua propria; e così l'el^{e}. non vince quella resistenza dello strato d'aria interposto, di cui facilmente trionfa se la tensione quasi nulla è indebolita da una punta. Osserva inoltre il prof. Zamboni, che un conduttore A (Fig. 8) $+^{\text{e}}$ scaricherà assai meglio l'el.^{e} per la punta B che per la faccia *dac*; perchè le porzioncelle d'el.^{e} *o*, *h*, *m*, *n*, *r*, *p* ec. poste lungo la punta, premon con direzioni quasi cospiranti, l'el.^{e} ch'è loro davanti in B, e tutto insieme lo spingono, ciò che non avviene nella faccia *dac*. Se A è $-^{\text{e}}$, l'attrazione del punto B è aiutata da quella de' punti deferenti *o*, *n*, *h*, *r* ec.: ma se tai punti, fossero collocati intorno a B

(*a*) *Belli Fis. T: III. N. 1018 — 1023.*

come sono *d*, *e*, *e*, *f* intorno ad *a*, le loro attrazioni non potrebbon dirsi cospiranti.

L' esperienze del prof. Belli provano che le punte hanno più virtù d'assorbire l' el°. che di emetterlo, ossia che più agevolmente distruggono la carica —ª che la +ª (*a*).

34. Se fra due conduttori, uno attuante, l'altro attuato è frapposta una lastra coibente, a pari grossezza di questa e a pari dimensioni di quelli, la capacità varia secondo la natura d' essa lastra. Il Belli ha trovato che chiamando *1* la capacità acquistata da due dischi metallici, uno isolato ed elettrizzato, l' altro non isolato, allorchè non hanno fra loro che aria, essa capacità per lo solfo è 3, 21, per la gomma lacca 3, 33, per la cera lacca 4, 31, pel vetro 7, 83 (*b*). Faraday trova lo stesso: solo i numeri sono minori (*c*); ma qualche diversità di capacità dee trovarsi fra le diverse specie di vetri, fra le varie composizioni di cera lacca ec. ed è verisimile che v'abbia influenza la diversa temperatura d' essi corpi. Il Belli trovò, sola l'aria essendo frapposta, la stessa capacità, fosse l' aria assai rarefatta o no. Faraday aggiunge che nulla rileva nè pure la temperatura o la secchezza o umidità dell' aria, nè che ad essa sostituiscansi altri fluidi elastici. La lastra coibente frapposta, acquista el.ᵃ —ª dal lato che tocca il disco +° ed el.ᵃ +ª nel lato opposto, per lo spostamento del suo el.° naturale e così coopera a *dissimulare* la carica e accrescere la capacità ne' dischi metallici.

CAPO VI.

Della Boccia di Leida dell' Elettroforo e del Condensatore.

35. Una lastra coibente su ciascuna delle cui due facce posi una lamina metallica, dicesi un *coibente armato*. Le lamine metalliche diconsi *armature*: queste non devono poter comunicare una coll' altra, talchè da una all' altra possa passare l' el.°, la lastra coibente può esser piana o curva a forma di caraffa, di bicchiere o altra. Un' armatura si isola e poscia riceve l' elettricità dalla macchina el.ª o da altra sorgente d'elettricità: l' altra che comunica col terreno, oppostamente elettrizzandosi per induzione, aumenta la capacità della prima.

36. Una lastra piana di vetro così *armata* dicesi *quadro magico*. Almeno una delle *armature* dee avere all' intorno uno spazio di vetro nudo o più tosto coperto di cera lacca o vernice copal (Fig. 9.). Chi ha una lamina di mica abbastanza grande, può con vantaggio sostituirla al vetro.

La Boccia o *Caraffa di Leida* può dirsi un *quadro magico* ridotto a superficie curva. Si prende un fiasco di vetro sottile, di pasta omogenea, senza bolle o nodi: se ne veste l'esterno con foglia di stagno: nell' interno si versano de' minuzzoli metallici o anche una soluzione salina. Il collo, ch'è bene sia lungo e non troppo largo, si copre di cera lacca o almeno si lascia nudo. Spesso si usano vasi di vetro simili ad alti bicchieri cilindrici: diconsi *giare*: se ne cuopron di stagno le superficie interna ed esterna, salvo i tre o quattro pollici superiori; che vestonsi di cera lacca. Un cilindretto metallico va a toccare il metallo interno, e coll' altro capo, traversata la bocca della boccia, o della

(*a*) *Bibl. Ital. LXXXV. p. 416; LXXXVI p. 276 — Fis. T. 111 C. XI.*

(*b*) *Fis. T. III. C. IV. N. 1038— 1045. Ne' Capi III e IV tratta assai diligentemente e stesamente dell' elettricità indotta.*

(*c*) *Bibl. Un. Ferr. 1838 p. 412. v. Bibl. Ital. Maggio, e Giugno 1838 T. XCI p. 370.*

giara, termina in palla metallica: si dice *uncino* o *pomo* o conduttore della boccia, e conduce l'elettricità all'interna armatura (Fig. 10.). In pratica si trovano le *bocce* più commode che i *quadri*, e quelle conservano meglio le cariche.

37. Comunichi un' armatura, e. g. l'interna, col conduttore della macchina el.ª Elettrizzando questo, si carica l' interna armatura e per influsso l' esterna comunicante col suolo.

Caricato l'apparato, si *scarica*, facendo comunicare le armature col mezzo dell'eccitatore (Fig. 11), cioè d'un arco metallico terminato da 2 palle e sostenuto da manico isolante. Mentre una palla tocca già un' armatura e l'altra giunge all'opposta, da questa scoppia grossa e fragorosa scintilla. Se il nostro corpo fa da eccitatore, toccando una mano l' armatura interna, e una l'esterna, l'el.° passa pel corpo e scuote forte le membra per cui passa. La scossa può essere dolorosa e anco pericolosa, se la boccia (o il quadro) è assai grande e troppo *carica*. Come un uomo, così una serie d' uomini o d' altri conduttori scarica questi apparati.

38. La spiegazione è già data (§ 30, 31, 34). Le 2 armature prendono el.à contraria (una per influsso). Per l' accresciuta capacità una boccetta, senza prendere eccessiva tensione che spezzi il vetro, può ricevere gran carica el.ª; e però fa scaricandosi effetti maggiori d' un gran conduttore, che non iscuote come quella, se non è assai ampio. Una caraffina o lastra di vetro, che ha 4 poll. di superficie armata scuote quanto un conduttore cilindrico del diametro di 2 linee, lungo *96* piedi. (Volta). Le 2 cl.à sono ne' coibenti armati a un dipresso eguali: mai non affatto: poichè l' el.à indotta è in ragione inversa della spessezza del coibente, che mai è nulla (*a*).

Si caricano a un tempo più bocce nel modo che mostra senza più la fig. 12.

39. L' el.° si gitta per l'*arco conduttore* dall'armatura +ª alla —ª. Ma però non è necessario a scaricare la boccia e sentire la commozione che l' el.° scorra per tal *arco* da una all' altra armatura. Basta che l' el.° accumulato abbia ove gittarsi e l' altra armatura onde riacquistare il perduto. Scaricando in amplissimo conduttore isolato (in ispecie se elettrizzato contrariamente) l' interno della boccia mentre comunica l' esterno col suolo può aversi la scarica e la scossa, essendo a un tempo le 2 armature sollecitate a tornare in istato naturale, e a un tempo destandosi 2 correnti d' el.° una che parte dall' armatura +ª, e una che va alla —ª. Se la caraffa non è assai carica e le persone che formano l' *arco* sono molte, spesso le più vicine alle armature senton più che l' altre la scossa, e le più lontane da quelle talora nulla sentono se il terreno conduce bene: questo riceve dalle persone non isolate e dà loro porzione dell' el°.

Una boccia non assai grande può dare a *90* uomini isolati e comunicanti fra loro una tensione cl.ª almeno eguale alla metà di quella della boccia, toccandone il primo un armatura, mentre l' altra comunica col suolo: tutte queste persone darebbero vivaci segni d' cl.à

40. A ciascuna armatura della caraffa isolata avvicinate un buon conduttore, uno comunicante colla macchina el.ª, l' altro col suolo: la caraffa si carica, se dalla macchina riceva un certo numero di scintille, e ne dà altrettante al secondo conduttore. L' el.° che entra non è al certo quello che esce: ma ogni volta che ne riceve un' armatura, l' altra perde del suo el.° naturale.

La carica d' un coibente armato non può passar certi termini. In primo luogo le armature, come ogni altro conduttore, non possono, co-

(*a*) *Beccaria* Elettr. Artificiale §. *257* — *Belli* Fis. *N.°*, *1036*.

m'è evidente, acquistar tensione maggiore di quella del corpo da cui ricevono el.ª Inoltre se la carica divien soverchia, l'el.ª o si disperde per l'aria, o trascorre sulla parte non armata del coibente, o passa l'el.º da una all altra armatura, se sono vicine, (questa dicesi *scarica spontanea*), o si spezza il coibente.

La forza della scarica è a un dipresso in ragion composta della quantità, e della velocità dell' elettrico. Per altro una caraffa, 10 volte maggiore d'un' altra che ha tensione o velocità virtuale 10 volte maggiore, dà minor commozione, perchè più lentamente si scarica (*a*).

Unendo insieme parecchie *giare*, (o quadri magici) se comunichino fra loro tutte le armature interne, e similmente fra loro tutte l'esterne, si ha una *batteria elettrica* (Fig. 13), colla quale uccidonsi gli animali, e produconsi molti curiosi e mirabili effetti, di alcuni dei quali diremo altrove.

41. Può aversi la scossa da 2 lastre deferenti, affacciantisi a poca distanza, senza l'intermedio del coibente solido, se mentre una s'elettrizza, l'altra non è isolata. Ma è duopo che i deferenti sieno assai ampi; perchè a impedir l'el.º che non passi da uno all'altro, bisogna che quelli non sieno assai vicini se la tensione non è assai debole, e colla distanza cresce l'ineguallità delle cariche e l'imperfezione della scarica; e inoltre la capacità non è aumentata dalla lastra coibente (§ 34).

42. Che questa eziandio s'elettrizzi e non solo le armature, agevolmente si prova. S'elettrizzi forte un *quadro* ad armature mobili, indi tolgansi queste: nel distaccarle si trova adesione fra esse e il vetro, indi s'ode un suono come di carta incollata che si istacchi, e allo scuro vedesi trascorrer luce fra l'armatura e il vetro, ed esplorato questo, trovasi elettrizzato. Mentre un' armatura comunica col suolo, può togliersi l'altra con un isolante, trarne la scintilla e indi riporre essa sul vetro o un'altra in suo luogo: senza nuova elettrizzazione s'ha la scarica, prodotta dall'essere l'armatura elettrizzata per influsso dal vetro: in fatti se dopo la scarica, si alzi l'armatura con un isolante, può trarsene una scintilla; e riponendola sul vetro, toccandola e rialzandola, se ne trae un'altra e così più volte. L'el.º del vetro induce el.ª opposta alla sua nella faccia metallica che tocca, e omologa alla sua nell' opposta: questa, toccata dalla mano, torna a stato naturale: la carica dell'altra faccia si spande per tutta l'armatura, allorchè questa si alza.

43. Il *quadro* così adoperato presenta gli effetti dell' *elettroforo* del Volta, dal quale ottengonsi moltissime scintille prima che sia duopo ricaricarlo. Ma in questo al vetro sostituiscesi una materia resinosa più atta a ritener sulla superficie la sua carica el.ª L'armatura inferiore è un *piatto* metallico piano con orlo piegato all' insù d'una linea al più. Il coibente, detto *mastice* o *stiacciata*, si versa fuso nel piatto e s'alza un poco sul suo orlo. Si fa alto una linea o mezza o due i più alti ne' grandi elettrofori. Si sono proposte per questo varie composizioni: 3 parti di trementina, 2 di ragia, e una di cera bollite insieme per più ore (Volta): $\frac{2}{3}$ di gomma lacca e $\frac{1}{3}$ di trementina (Adams). L'armatura superiore (scudo), un poco minore del mastice, è mobile e s'inalza per mezzo d'un isolante a essa unito. Tutte le parti voglion essere rotondate e senz'angoli (Fig. 14). Per lo più si dà al mastice el.ª —ª, percuotendolo o stropicciandolo con code di volpe o pelle di lepre o di gatto ecc. è ben che allora il piatto comunichi col terreno. Il mastice così elettrizzato e coperto dallo scudo, può nell'aria asciutta serbar la carica per mesi e anche per anni. Lo scudo posto sul mastice —º divien +º nella

(*a*) *V. Belli N.º 1493 — 95.*

faccia volta ad esso, e —° nell' altra. Alzato per mezzo d' un isolante perde l'elettricità d' influenza o torna allo stato naturale, se pure, per lunga dimora, non avesse o perduto porzione della carica —ª pel contatto dell'aria umida, o ricevuto dal mastice elettricità —ª. Ma se tocchisi lo scudo con una mano e il piatto coll' altra, si ha in ambedue una scossetta, prodotta, mi pare, dall'el.° addensato nel piatto (per influsso del mastice elettrizzato in —) che passa alla superior superficie dello scudo. Allora questo ha eccesso d' el.° alzandolo, l' el.° *dissimulato* per la vicinanza del mastice divien sensibile, e dà scintilla. Si ripone sul mastice, si rinnovano i contatti, si rialza e se ne trae altra scintilla, e può ripetersi il giuoco un gran numero di volte. Si può anche toccar solo lo scudo, comunicando il piatto col terreno. Ai toccamenti può supplire una linguetta di stagno aderente al piatto, che tocca lo scudo quando è posato.

L' elettroforo non ha dimensioni determinate: se ne fanno de' piccoli come tabacchiere, e di quelli di più che 7 piedi di diametro.

44. Coll'elettroforo si carica una boccia di Leida, facendo scoccare le scintille dello scudo fra esso e l' *uncino* di quella. Se l' elettroforo è grande, poche scintille bastano. Più facilmente s' elettrizza un conduttore isolato. In somma fa in qualche modo l' ufficio d'una macchina el.ª

Collo scintille dello scudo +° si dà carica +ª al mastice non elettrizzato di altro elettroforo, il cui scudo darà poi el.à —ª. Si dà carica +ª al mastice eziandio elettrizzando in + fortemente lo scudo per mezzo della macchina, o facendo passar lento l' uncino +° d' una boccia, di cui s' impugna il ventre, o viceversa.

45. Distrutta l' el.à —ª del mastice e anche indottavi debole el.à +ª, dopo qualche tempo s' è veduta risorgere la —ª. (Volta, Barretti). Dunque se la carica —ª della superficie è alquanto forte e dura qualche tempo, essa superficie trae un poco d' el.° dalle parti interne, che lentamente sel riprendono, cessato ch' è lo stato —° di quella. Effetti analoghi, anche essi provenienti dal ritorno dell' el.° spostato nel coibente, osservò il prof. Belli nelle bocce di Leida (*a*).

46. *Condensatore* s'è detto dal Volta un suo strumento, *che portando a straordinario ingrandimento i segni elettrici, fa sì che osservabile divenga e cospicua quella virtù che altrimenti per l' estrema sua debolezza sfuggirebbe a' nostri sensi*. Consiste in 2 piatti metallici del diametro di 3 a 4 poll. perfettamente piani cogli orli rotondati, con un coibente sottilissimo aderente a un piatto o (ed è meglio) ad amendue nelle facce che debbono sovrapporsi: questo è o cera lacca sciolta nell alcool o vernice di succino o vernice copale. I piatti possono essere di vetro smerigliato, coperti interamente di foglia d' oro incollata coll' albumina. Per lo più i piatti si tengono orizzontali: il superiore è fornito d' un manico isolante. (Fig. 15) Il piatto che raccoglie in se l' elettricità dicesi *collettore*: l' inferiore dicesi pure *base* (sia o non sia *collettore*) e il superiore *scudo*.

Tenete alcun poco a contatto del collettore un corpo debolmente elettrizzato (e. g. una boccetta di Leida scaricata a segno che il suo uncino nulla possa su gli ordinari elettrometri) mentre l' altro piatto non è isolato: tolto il contatto alzate pel suo manico isolante il collettore: questo dà segni el.ⁱ e talvolta forti. L' effetto di questo *microscopio elettrico* facilmente si spiega per l' aumento di capacità ed è insieme bella applicazione e bella conferma dei principi esposti.

47. Il *collettore*, ricevuta una debol carica, eccita nel *secondo piatto* una carica contraria e quasi uguale in forza; cresce la capacità di a-

(*a*) *Bibl. Ital. T. LXXXV Marzo 1737 p. Fis. n. 1120—1132.*

mendue: perciò posson prendere nuova carica e di nuovo cresce la capacità ec. È come se andassero assai crescendo le superficie de' piatti; e il collettore prende gran parte della carica o quasi tutta alla debol sorgente d'el.à. Separati i 2 piatti, cessa quella gran capacità, come se rimpicciolisse in istanti la superficie d'essi piatti; e però appare sensibile o grande la tensione ch'era nulla o piccolissima.

48. Per lo più s'aggiunge l'elettrometro al condensatore: si chiama elettrometro-condensatore (Fig. 16). Il piatto inferiore ha nel centro della faccia non inverniciata una madrevite per cui s'annesta all'elettrometro. Questo fa ufficio di collettore, mentre l'altro comunica col terreno; o per l'opposito. Tolta la comunicazione col terreno, s'alza pel manico isolante lo scudo, o l'elettrometro indica la carica della base, contraria a quella della sorgente dell'elettricità, se fu collettoro lo scudo, e analoga nell'altro caso. Il Volta trovò che la *condensazione* può arrivare a 300 volte: allora la tensione è rispetto a quella che s'avrebbe senza lo strumento :: 300 : 1. Può esser nudo il piatto inferiore, facendo le veci dello scudo 4 dita d'una mano fasciate insieme con un pezzo di taffettà. Un elettroforo a mastice sottile può servire di mediocre condensatore.

Si fa pure questo strumento soprapponendo immediatamente un collettore o piatto metallico a un semicoibente, e. g. al marmo bianco.

Si è fatto ancora con 2 piatti metallici tenuti a poca distanza senza coibente frapposto. Allora si chiama *condensatore ad aria*. Ma v. n.° 41.

49. Si conosce a un dipresso la virtù d'un condensatore con una boccia di Leida si poco carica che l'uncino appena apra i pendulini d'un buon elettrometro. Fate comunicare l'uncino col collettore combaciato coll'altro piatto: alzate lo scudo: osserverete nell'elettrometro applicato una tensione, e. g. di 60°. Immediatamente misurate la tensione residua della boccia collo stesso elettrometro o con altro similissimo. Se tal tensione è 1°, il collettoro acquistò carica 60 volte maggiore, ossia ha virtù condensatrice, como 60. Prima che s'alzasse lo scudo, il collettore non poteva mostrare che 1°: erano dissimulati 59° da 59° d'el.à contraria del *secondo piatto* (a).

CAPO VII.

Della distribuzione dell' Elettrico ne' Conduttori.

50. Movendosi l'elettrico agevolissimamente ne' buoni conduttori, ed essendo sottoposto a forze attrattive e ripulsive, non è in quiete se non quando o niona forza lo sollecita, se pure ciò mai accade, o quando è distribuito in modo che le varie forze facciansi equilibrio. Se un corpo ha l'el.° che gli conviene nè più nè meno, nè soffre azione el.a d'altro corpo, l'el.° sarà distribuito uniformemente per quello. Abbiamo veduto come questa uniforme distribuzione sia alterata dall'azione d'altri corpi elettrizzati (C. V.). Rimane a vedere come si distribuisca la carica el.a ne' corpi elettrizzati, non soggetti ad azioni el.e straniere.

La carica el.a +a o −a, si stabilisce tutta alla superficie de' corpi, l'interno de' quali resta in istato naturale. Un cilindro metallico vuoto o pieno s'è veduto cho riceve egual carica: (e anche un coibente rivestito di sottilissimo foglio d'oro) perciò si usa far vuoti i conduttori della macchina. Due emisferi metallici combacino cogli orli, talchè formino come un sol corpo, e chiudano una palla P metallica, che per

(a) *Chi brama piena contezza di tutto ciò che riguarda la* Boccia, l'Elettroforo *e il* Condensatore *legga i Capi V. e VI. del T. 3° della* Fis. *del prof. Belli.*

un fil di seta possa ora toccar quelli, ora divenire isolata. Mentre li tocca, quelli s' elettrizzino : s' isoli P : s'aprano gli emisferi e s'esplori P : si trova perfettamente nello stato naturale.

51. *In un corpo sferico la carica è uniformemente distribuita su tutta la superficie*, nè può essere altrimenti.

Negli altri corpi la carica è maggiore nelle parti più prominenti della superficie, minore nelle altre, picciolissima o nulla nelle parti cave. Questa ultima verità è resa evidente dal, così detto, *pozzo elettrico*. È un cilindro di metallo, vuoto con fondo piano, alto almeno 4 in 5 pollici : può isolarsi sull' elettrometro per una vite *v* (Fig. 17). Elettrizzato il *pozzo*, calate al suo fondo la *secchia*, cioè una palla metallica *s* sospesa al fil di seta *t*, tenendola lungi da' labbri del pozzo *ll*: essa ne tocchi il fondo: estraetela, avvertendo che non tocchi il margine del pozzo : non vi darà il menomo segno elettrico ; dunque niuna sensibil carica è laggiù : ma si elettrizza se tocca l' esterno del pozzo; e allora se la calate presso al fondo di esso, gli dà una scintilla e l'elettrometro mostra che l' esterno del pozzo racquista l'el.à perduta ed *s* torna a stato naturale. Mentre *s* è presso al fondo del pozzo tocchisi con filo metallico non isolato: tratta che n' è, mostra carica opposta a quella del pozzo: la porzione esterna del conduttore non isolato prende per influsso tale opposta el.à e. g. —a, ond' è che la porzione interna, ed *s* che la tocca, debbono cedere parte del loro el.e

52. Coulomb esplorava la quantità d' el.e delle varie parti d' un conduttore, toccandole con dischetto di carta dorata sostenuto da un filo di gomma lacca (chiamato *piano di prova*) che poi applicava alla *bilancia elettrica* (Fig. 18). Consiste questa in un sottil filo d' argento *ro* verticale, che sostiene una leva *ac* di vetro inverniciato, che a un capo porta un dischetto *x* di carta dorata. Il filo è di sopra appeso a un cilindretto metallico girevole mediante il bottone *e* che lo termina in alto e a cui è annesso un indice. Tuttociò è chiuso nel doppio cilindro di vetro EFUH, ABCD. Una zona di carta divisa in 360° indica i gradi percorsi dal braccio *x* della leva quando si fa l'esperienza. Pel foro *z* si cala il cannello isolante *g* terminante nel globetto o piano di prova *t* elettrizzato. Appena *t* tocca *x* non elettrizzata, o s' avvicina ad *x* similmente elettrica, *x* cammina dal lato di *n*. Mediante un movimento conveniente del cilindro girevole, si riduce *x* a una data distanza dalla sua prima situazione, e s' osserva il numero di gradi, de' quali è torto il filo: tal numero misura la forza, da cui *x* è respinta.

53. Coulomb, elettrizzata una lamina isolata d'acciaio, lunga pol. 11, larga 1 e della spessezza di $\frac{1}{2}$ lin., vedeva l'el.à crescente, ma assai poco, dal mezzo a un poll. di distanza dalle estremità, all' estremità in circa doppia di quella del centro, e toccando la spessezza della lamina, quasi doppia di quella dell' estremità. Ne' dischi la carica cresce dal centro al perimetro.

In un cilindro terminato da due emisferi, la carica è maggiore su questi. Se un cilindro verso le estremità si assottiglia, ivi l'aumento della carica è maggiore o più rapido. Coulomb pose in una linea tre palle conduttrici a contatto: il diametro della media era men di $\frac{1}{6}$ di quello delle altre, eguali fra loro. Elettrizzatele, e poi esplorata la media, non vi trovò el.à sensibile. In una serie di palle uguali poste in linea retta la carica è crescente dalle medie all' estreme : in due palle uguali a contatto è minima presso al punto di contatto e cresce in una colla distanza da esso punto : se le palle

*

son disuguali, a pari distanza dal punto di contatto, è maggiore nelle varie parti della palla minore.

In un' ellissoide allungata la carica el.a è maggiore a' poli che all' equatore, e tanto maggiore quanto più è allungata. Una punta può considerarsi como il polo d' un' ellissoide di rivoluzione allungatissima.

54. Le parti d'una superficie che fan risalto, le più vicine alle estremità, le più distanti dalle altre parti, sentono meno l' influsso di queste; però è maggiore la loro capacità, e maggiore la carica, allorchè è pari la tensione, e vi è equilibrio. Nelle cavità alquanto profonde de' corpi come nel fondo del pozzo elettrico può immaginarsi la capacità come infinitamento piccola. Nell' interno dei corpi possiamo immaginare che gli atomi dell'el.o eccedente mutuamente respinti dal centro all' esterna superficie, non trovino equilibrio, se non distribuendosi su questa in sottilissimo strato. Ciò facilmente si applica all'el.à —a. Questa proposizione relativa alla superficialità della carica el.a si è dimostrata col calcolo come pure le leggi della distribuzione d' essa carica alla superficie de' conduttori di certe forme: non sono di questo luogo tai lunghe e difficili indagini (*a*). Osservo soltanto che Poisson, il quale principalmente s'è occupato in queste ricerche, segue il sistema de' duo fluidi elettrici; ma le sue conclusioni sono egualmente giuste nel sistema di un solo fluido, cui facilmente possono applicarsi i suoi calcoli, come hanno fatto vedere il prof. Mossotti (*b*) e il prof. Belli (*c*), ond'è che nulla da quelli può trarsi a favore del primo sistema.

55. La carica de' conduttori (o più lentamente quella de' coibenti) col tempo si disperde, passando nei sostegni benchè coibenti, e principalmente pel contatto dell' aria, cui sempre è misto del vapor acqueo. Se il sostegno è buon coibente e piccolissimo, può trascurarsi la sua virtù deferente e misurarsi l'effetto del contatto dell' aria. Coulomb vide che in uno stesso giorno e in uno stesso stato dell' aria il diminuir della carica el.a che si fa in tempo brevissimo, è proporzionale alla sua intensione e varia come lo stato igrometrico dell'aria.

CAPO VIII.

Delle Attrazioni e Ripulsioni Elettrostatiche.

56. Questi effetti si ossservano soltanto tra corpi elettrizzati. L'attrazione apparente fra questi, e i corpi non elettrizzati procede da ciò, che questi avvicinati a quelli prendono per influsso el.à contraria. Ove ciò non avvenisse, non sarebbe attrazione tra gli uni e gli altri (Epino, Beccaria, Barlotti, Volta). Non s' osserva difatto se l' el.à contraria destata per influsso sia troppo debole e troppo vicina all' el.à omologa. Della crusca o della segatura di legno ben isolata non è tirata da un gran conduttore elettrizzato, lontano 4 o 5 poll. È tirata subito e forte, se tocchisi con un metallo non isolato: così una pallina di legno o di sughero di circa $\frac{1}{2}$ poll, di diametro sostenuta da fil di seta asciuttissimo. Dunque *l'attrazione el.a solo si esercita fra corpi oppostamente elettrizzati*. La forza attraente di questi è in ragione delle contrarie elettricità. Queste attrazioni e ripulsioni s'osservano anco attraverso altri corpi, e tanto meglio, quanto più questi sono isolanti.

(*a*) *Coulomb*. Mem. de l' Ac. *R. a. 1786, e seg. Biot* Traité de Phys. *T. II. L. III. C. 2 — Poisson* Mem. de l' Istitut. *1811 Par. 1. p.* 1. *Par. II. p. 163. Belli* Fis. *T. III. C.* 2.

(*b*) Sur les forces qui regissent la constit. intérieure des corpes. Turin *1836 p. 6*, 7.

(*c*) Fis. *T. III. N. 921.*

57. Se il corpo attratto da un altro mantiene, benchè a contatto di questo la sua carica, v' è tra i due corpi adesione. Ciò avviene tra due coibenti per la difficoltà che ha l' el.° a rimettersi in equilibrio. Se ne hanno esempi ne' nastri di seta, nelle lastre di vetro ec. Un filo di canape comunicante col suolo aderisce al conduttor +° della macchina, finchè questo riceve nuova el.à. Sembra che a pena alcuni punti ricevon l' el.° dal conduttore, prima che da questo s' allontanino, esso el.° sia tolto loro dagli altri punti ancor—i, o dalla ripulsione dell' el.° del conduttore, e tornino—i; e così ne' vari afflussi dell' el.° della macchina, i quali non formano corrente continua, ma si succedono uno all' altro rapidamente.

58. Se di due corpi similmente elettrici uno ha assai più tensione dell'altro, a certa distanza si respingono e a distanza minore s' attraggono, perchè allora la maggior tensione induce nelle parti vicine dell' altro corpo tensione opposta. Così pure avviene a ugual tensione, se la superficie di uno è assai maggiore di quella dell' altro.

L' avvicendar dell' attrazione e della ripulsione produce il moto oscillatorio d' una pallina sostenuta da un fil di seta fra un conduttore elettrizzato e altro non isolato o contrariamente elettrico, o fra 2 campanelli (scampanio elettrico) o di corpi leggieri (foglio d' oro, figurine di carta, leggieri piume d' uccello, pappi di cardo ec.) danzanti fra 2 piatti metallici, e così i giuochi fisici detti *bicchiere elettrico*, *ragno el.°*, *pallone el.°* formato di molte strisce di carta ec.

Avvicinando il volto, il rovescio della mano, ec. a un corpo elettrizzato, si ha una peculiar sensazione, (§ 19) che suol compararsi a quella che prova chi imbattasi in sottil tela di ragno. Pare che nasca dal destarsi nei peli, di cui sono fornite tali parti, el.à d' influsso e però attrazione, onde i peli rizzandosi cagionano quella sensazione (a). Questa non va confusa col venticello, che muove da una punta elettrizzata, di cui altrove diremo.

59. I fatti esposti fin qui suppongono certe forze elementari, cioè le attrattive fra l' el.° o l' *etere* e la materia pesante che ne scarseggia, e di questa per quello; e le repulsive (reali o apparenti), una dell' elettrico verso se stesso, e una scambievole fra le parti della materia pesante impoverite d' el.° È necessaria quest' ultima forza, almeno per ispiegare il cacciarsi che fanno l'un l' altro i corpi —i. Epino, che introdusse l' azion ripulsiva della materia nella spiegazione de' fenomeni el.i, riguardava questa e le altre azioni el.e come effetti prodotti da agenti esterni a lui ignoti, o pensava che queste forze sussistano anche ne' corpi a stato naturale; ma allora vi sia equilibrio, essendo uguali e contrarie le attrazioni d' un corpo A per l' el.° di B, e del corpo B per l' el.° di A alle ripulsioni tra l' el.° *a* e l'el.° *b* e tra essi corpi ponderabili A e B. Questa ripulsione non è assurda, nè ripugna agli effetti della gravitazione universale: nè punto è strano o improbabile che impoverite le molecule ponderabili una parte costitutiva dotata di cotanta energia, qual' è l' el.°, esse manifestino proprietà assai diverse da quelle che prima mostravano. Il prof. Mossotti crede anzi che l'attrazione universale possa essere come una conseguenza de' principi regolatori delle forze elettriche. Basta supporre, egli dice, a masse uguali, la ripulsione delle molecule della materia un poco minore della loro attrazione per gli atomi dell' etere, talchè resti un eccesso d' attrazione, la quale essendo in proporzione del prodotto delle masse e in ragione inversa del quadrato della distanza, potrà rappresentare l' attrazione universale.

60. Altri fisici spiegano felicemente i vari fenomeni elettrostatici, attribuendo l' allontanamento de' corpi similmente elettrizzati all' attrazione, che questi soffrono da' corpi esterni oppostamente elettrizzati per influsso, e se non da altri, dall' aria. Questa si

(a) *Belli Fis. n.* 1256.

elettrizza e ritiene l'el.° Il Volta trovò l'el.à nell'aria 4 ore dopo che l'avea ricevuta (*a*).

Anche in altri modi si sono spiegate queste attrazioni e ripulsioni, e. g. supponendo solo sparso per l'universo l'*etere*, i cui atomi respingansi mutuamente in ragione inversa del quadrato della distanza: e questo senza azione a distanza fra la materia ponderabile, e l'etere. Forse il miglior partito è il non prenderne alcuno, finchè nuove indagini abbiano sparso maggior luce sulla natura dell'el.° e non si vegga qual relazione sia fra queste attrazioni e ripulsioni e le attrazioni e ripulsioni elettrodinamiche, delle quali diremo più avanti.

Le attrazioni e le ripulsioni elettrostatiche crescono in ragione inversa de' quadrati delle distanze? Favoriscono questa legge varie sperienze in ispecie quelle di Coulomb fatte colla bilancia el.a: con metodo diverso l'hanno confermata gli esperimenti di Egen (*b*). Siccome poi s'è dimostrato da' matematici che detta legge discende dal fatto che l'el.° si distribuisce unicamente alla superficie de' conduttori, lasciando nello stato naturale le parti interne (*c*), pareva che non dovesse dubitarsene. Nonpertanto altre sperienze, in particolare alcune del Volta, erano occasione di dubbio. Questi sospendeva a un braccio d'una bilancia un piattello metallico isolato, di 5 poll. di diametro, che affacciava parallelamente a varie ma piccole distanze ora a un piano deferente, ora ad altro piattello isolato e carico d'el.à or contraria or omologa, osservando il peso che potea vincersi dalla forza elettrica, e non trovava generale tal legge per l'attrazione e meno giusta per la ripulsione.

61. Il prof. Belli assai bene dichiara questo punto. Egli stabilisce (*d*) che *la ripulsione e l'attrazione fra corpi elettrizzati piccoli seguono la legge de' quadrati inversi delle distanze*, ma che *tal legge viene assaissimo modificata*, *allorchè mettonsi a prova de' corpi*, *che hanno dimensioni o maggiori o poco minori delle vicendevoli distanze.* Cagioni di ciò sono: 1.a La diversa ragione, secondo cui s'alterano le distanze fra le varie molecule elettrizzate de' due corpi: 2.a La diversa obliquità delle azioni parziali (l'obliquità minore compensa la distanza maggiore): 3.a Lo spostamento dell'el.° ne' corpi cimentati per la mutua azione d'uno sull'altro, il quale è tanto maggiore quanto più i corpi son vicini: 4.a Lo spostamento dell'el.° ne' corpi circostanti. Le due ultime cagioni tendono ad aumentare l'attrazione ne' corpi che s'avvicinano e a diminuirne la ripulsione. Le prime due modificano la legge nello stesso modo nella ripulsione e nell'attrazione.

62. Osservò il Volta 1.° che l'attrazione era assai più forte della ripulsione, 2.° che questa pochissimo scemava, finchè i corpi allontanavansi dal contatto di 2, 4, 6 lin. o anche 8 o più, 3.° che quasi sempre, elettrizzati i piattelli congiunti o vicinissimi, il superiore aggravato di 12 o 13 grani tardava a sollevarsi 10", 15", 20", e talora più. Spiega egli questi fatti, supponendo la ripulsione apparente prodursi dall'attrazione dell'aria soprapposta. Ma senza ciò il primo fatto discende dalle cose dette nel N.° preceduto. Quanto al secondo, il Belli trova che, per le 2 prime cagioni indicate, gli effetti, a distanza di poche linee, nelle piastre metalliche debbono essere assai piccoli, e che, per le altre 2, al cangiar delle distanze varia l'attrazione con legge più rapida che la ripulsione. Rispetto al terzo fatto pensa il Belli che in quella lentezza gran parte avesse la pression dell'aria e gran parte la difficoltà, che ha una piccola forza a sollevare un peso considerabile: ma non pare impossibile

(*a*) *I. F.-C. IV.* 106, 107.
(*b*) *Belli N.°* 1230.
(*c*) *Belli* Fis. *n.* 913, 1219.
(*d*) Fis. *N.°* 1229 — 241.

che concorra all' effetto la lentezza, con cui si muove nell'aria coibente l'el.°, il quale poi smosso attrae in su il piatto.

63. Le cose dette riguardano l'attrazione fra corpi isolati. Se uno non lo è, ed è conduttore, vide il Volta, che *pari essendo la distanza e la tensione*, *l'attrazione è in ragion dell' area*: a diametro doppio era quadrupla.

A pari diametro e distanza, e *mutando soltanto la carica*, *l' attrazione varia in ragion del quadrato di questa*. Ridotta questa a $\frac{1}{2}$, la forza attraente diviene $\frac{1}{4}$. Il Volta verificò questa legge *col maggior numero di prove possibili*: la spiega osservando che, come la carica nel piattello, così cresce l'el.à contraria d' influsso nell' altro piano.

Ponendo il piatto di 5 poll. di diametro a varie distanze non grandi, e quindi caricandolo sempre allo stesso grado, vedeva l'attrazione essere in ragione inversa del quadrato delle distanze. Ciò accade, dice esso, perchè a misura dell' avvicinamento, contrae più el.à contraria il piano communicante col suolo. Non trovava più vera questa legge, se lasciando al piatto la sua el.à ne mutava la distanza dal piano.

64. Queste attrazioni e ripulsioni possono osservarsi ne' varî mezzi coibenti, e. g. nell'olio (Cigna, Beccaria). Boyle e altri fisici videro i corpicciuoli posti nel vuoto pneumatico attratti da' corpi elettrizzati come nell'aria. H. Davy e quindi il Belli ed altri osservarono pure nel vuoto la repulsione el^a. Dunque il vacuo non lascia liberissimo passaggio all' el.° Nel vuoto boileano imperfetto un conduttore si scarica, quando un altro corpo sente abbastanza la sua influenza (Harris); ma allora traversa spazio maggiore che nell' aria comune con luce diffusa (secondo le sperienze di Nairne ivi è vapor acqueo più che altro): ma più il vuoto s'avvicina alla perfezione è più difficoltà prova l' elettrico a traversarlo, come si raccoglie dalle sperienze di Erman, di H. Davy, di Masson ec. Allorchè a temperatura —7° C. o più bassa, il mercurio nel vuoto torricelliano non sembra vaporare, la scintilla è visibile solo in grande oscurità, e probabilmente sarebbe nulla nel vero vacuo. Pare che questo sia coibente, almeno per le tensioni deboli o se esso vacuo è assai esteso, benchè il rarefarsi mediocremente dell'aria ne accresca la virtù conduttrice (*a*). Con ciò cadono tre opinioni, che hanno avuto illustri seguaci: 1.ª che pel vacuo perfetto passi l' el.° senza alcuna difficoltà: 2.ª che l' attrazioni e le repulsioni di cui trattiamo sieno generate da' movimenti dell'aria: 3.ª che l'el.° sia ritenuto alla superficie dei corpi dalla pressione dell' aria. Quest' ultima dottrina è distrutta dal Belli, il quale dimostra che l' el.° mentre da un corpo salta scintillando ad altro vicino, ha una tensione, che si misura da piccol peso, più centinaia di volte minore di quello che fa equilibrio alla pressione atmosferica (*b*). Nell' aria rarefatta dal calore la pressione resta la stessa e l' el.° scocca a maggior distanza. (Harris).

65. *Figure di Lichtemberg*. Trovò Lichtemberg che elettrizzando in + col pomo d' una boccia di Leida un punto o una linea del mastice dell'elettroforo e facendovi cader sopra della polvere resinosa e poi scuotendola ne resta porzione aderente a' luoghi elettrizzati e disegna una stella ove s' è elettrizzato un punto, e una linea ramificata ove s' elettrizzò una linea semplice. Se l' el.à era —ª veggonsi solo cerchietti e nastri, spesso con un poco di vuoto in mezzo per la mutua repulsione. S' elettrizzino 2 punti del mastice poco distanti P ed N, il primo in +, l' altro in —. Poste delle polveri di solfo e minio in

(*a*) *I. F-C IV.* § *65*, *66* — *Belli negli* Opus. matem. e fis. *T. I. p.* *376 Milano* e Fis. *N. 1244*, *1339-44*.

(*b*) Fis. *N.° 1352*.

un vasello fornito di minutissimi fori, scuotasi il meseuglio sopra i 2 punti. Le 2 polveri escono el.e per istropicciamento: il solfo diviene —° o +° il minio. Quello è attratto da P e gli fa attorno una stella radiante: questo da N e gli fa intorno come un' aiuola circolare. Sul mastice semiliquido si stampa la stella immediatamente dalla scintilla +a (a).

CAPO IX.

Della Elettricità eccitata nel Contatto de' Conduttori.

66. Una rana di fresco uccisa, cui sia tolta la metà superiore del corpo, pongasi non isolata sopra una tavola presso cui operi una macchina el.a Ad ogni scarica del conduttore della macchina, la rana si risente, scuote le zampe e se ne contraggono i muscoli. È un fenomeno d' induzione: si chiama *contraccolpo el.°* il retrocedere istantaneo dell' el.à spostata prima per influenza dall' el.à della macchina. Il Galvani, osservò questo fatto, ove sola è ammirabile la squisita sensibilità della rana per lo stimolo el.°, variò in più modi l' esperienza, adoperando anche altri animali a sangue freddo e a sangue caldo; e le sue indagini provarono l' estrema delicatezza degli animali uccisi recentemente per lo stimolo el.°, più durevole in quelli a sangue freddo.

67. Proseguendo le indagini, osservò le contrazioni, senza alcun influsso d'el.à artificiale o atmosferica, sol che la rana fosse sopra un metallo, o questo e quella fossero a un tempo toccati da un arco metallico. Queste numerose e originali sperienze si riassumono nella seguente conclusione. *Si eccitano le contrazioni negli animali, o vivi o morti di fresco, allorchè si chiude un circuito, di cui fanno parte i loro muscoli e nervi, e parte i metalli: l' effetto è più sicuro e maggiore, se la parte metallica è composta di due o più metalli diversi.* Pensò il Galvani questi fatti derivare da el.à propria dell' animale, i metalli essere senza più conduttori, i muscoli quasi boccettine di Leida, +e all' interno, —e all' esterno, il nervo il conduttore di queste, pronte a scaricarsi pel doppio contatto dell' *arco metallico*. Si assicura che la rana si contrae pe' contatti metallici, benchè sia nel vuoto o nell' idrogeno o nell' ossido di carbonio o nell' ac. carbonico.

68. Il Volta, ripetute e assai variate le sperienze del Galvani, presto annunziò l'importante conclusione: *venendo a contatto due metalli eterogenei, destasi, e si genera, una corrente el.a, se il circuito è chiuso da una sostanza animale o da altro conduttore di seconda classe.* Lo convinsero di ciò I. l' enorme differenza e nella forza degli effetti e nella facilità d' ottenerli, che s' osserva adoperando or due metalli ora uno; II. il niun bisogno della comunicazione de' muscoli co' nervi pel metallo, bastando che i metalli comunicanti chiudan fra loro una porzioncella di nervo, ove non è agevole concepire le 2 opposte cariche el.e belle e disposte a dare quante scariche si vuole al contatto dell' arco eterogeneo: III. le forti contrazioni destate da questo in 2 muscoli corrispondenti o in 2 parti d' un muscolo di quell' animale, che restava immoto, se con arco omogeneo toccavansi muscolo e nervo. Osservò che stringendo la lingua fra 2 pezzi di metalli diversi, e. g. stagno e argento, e portando questi a contatto, si ha sapore, acido se lo stagno tocchi il disopra o l' apice della lingua, e assai diverso e tendente all' alcalino s' è di sopra l' argento. Tale inversione d'effetto prova che i metalli non sono qui soltanto conduttori. Pensò che i deboli effetti ottenuti talvolta coll' *arco* omogeneo si dovessero all' essere spesso due pezzi o due parti d' un pezzo di metallo abbastanza eterogenei in ordine all' azione (come ci disse) *elettromotrice*

(a) I. F-C IV §. 93 — Bell i N.° 1350.

per qua lche leggiera e superficial differenza d' ossidazione, di levigamento, di temperatura ec. dacchè per tai differenze, nelle sperienze di stropicciamento, due corpi d' egual nome e sostanza si portano come due corpi eterogenei. Difatto se una rana non era scossa da un arco di ferro, lo era dopochè un capo di questo era stato riscaldato; e se 2 pezzi di piombo erano inerti, divenivano attivi se un d' essi si faceva lucido raschiandolo.

Generalmente queste sperienze riescono meglio se un de' metalli è assai più dell' altro ossidabile: non mancano per altro usando due metalli assai ossidabili, o un metallo e il carbone, o anche 2 metalli *nobili*, come chiamansi l' oro, il platino e l' argento.

69. Posteriori sperienze insegnarono che questi fenomeni si ottengon' pure coi soli conduttori di seconda classe, come i membri animali umidi, ond' è che l' el.à che scorre per certe parti animali può essersi destata pel toccarsi d' una parte animale o d' un metallo perfettamente omogeneo, e anche di 2 diverse parti animali. Tagliata una rana in guisa che i nervi crurali con un pezzetto di spina pendano nudi, e inclinata in modo che quel pezzo di spina o i nervi vengano a battere contra i muscoli inferiori, questi si scuotono. Dunque 3 sono i modi d' eccitare l' el.à chiudendo un circuito: I. con 2 conduttori di prima e uno di seconda classe o umido: II. con uno di prima classe e 2 di seconda: III. con 3 conduttori di seconda classe i quali o destino e conducan l' el.°: questo è il caso dell' ultima esperienza.

70. A convincere i più difficili, conveniva manifestare l' el.à destata al contatto de' conduttori, senza la presenza d' alcuna sostanza animale. Ciò fè il Volta mostrando tal' el.à coll' elettrometro-condensatore (a): o questo è il modo ordinario di fare quest' *esperienza fondamentale*. Fate combaciare le facce asciutte e monde di 2 piattelli di circa 3 poll. di diametro, uno d' argento e uno di zinco, toccandone uno colla mano e lasciando l' altro isolato: separateli presto e perpendicolarmente, e toccate coll' isolato il condensatore: questo prende una carica, che cresce, ripetendo più volte i contatti de' piatti fra loro e col condensatore. Se questo è perfetto e l' elettrometro a foglie d' oro finissime, possono aversi segni —, toccando una volta senza più il *collettore* di rame con una piastra di zinco. Co' 2 piatti, come sopra, ebbe segni il Volta anche solo coll' elettrometro a foglie d' oro o a paglie sottili. Con un buon condensatore ebbe ancora delle scintillette.

71. Se i pendulini dell' elettrometro si sono aperti, prendendo el.à dall' argento o dal rame si chiudono pel contatto d' un cannello di vetro stropicciato, e per quello d' uno di cera lacca, se l' ebbero dallo zinco. Dunque la prima el.à è —a, e +a la seconda. Appare ancora che il così detto, *fluido galvanico* punto non differisce dall' el.° comune, poichè non solo opera alla foggia di questo, ma questo opera su quello come sopra se stesso nè più nè meno.

Nelle piastre metalliche elettrizzate gli effetti sono al tutto analoghi. Chiamo 1° l' el.° che il zinco ha di più del rame dopo il contatto. Se 2 piastre di questi metalli erano già elettrizzate in +, o in —, a pari e simil tensione, escono del contatto, essendo il zinco di 1° più +° nel primo caso, e nel secondo di 1° men—°.

72. Qualora amendue le piastre sieno isolate, o non si affaccino una all' altra parallele, ma una sia all' altra obliqua, o non si distacchino prima di esplorarle, si hanno talora i segni el.à ma piccolissimi. Fanno più per l' effetto *pochissimi punti di contatto*, *quando ve ne sieno molti al-*

(a) *Da principio si servì del più sensitivo* duplicatore a molinello, *descritto nella* Bibl. Brit. Sciences *III p. 272. e nella* Fis. del Belli, *che lo ha migliorato N.° 1180.*

tra affacciati che si guardino assai da vicino, che nò qualche maggior contatto quando sieno meno ampie le superficie che si affrontano, o non si guardino così dappresso (Volta). Si vede in tuttociò grande analogia fra questo sistema di 2 piattelli e il condensatore (§ 46, 47). Possiamo concepire gli esposti fenomeni, immaginando che alcuni corpi abbiano per l' el.° più attrazione o maggior capacità di saturazione che altri, e però più ne contengano in istato naturale; che il grande avvicinamento accresca la capacità +a del metallo, che ha più cl.° e. g. del zinco o del piombo o dello stagno, e la capacità —a dell' altro, e. g. dell' oro o dell' argento o del rame, e però da questo in quello passi l' el.° e tanto più quanto meglio le 2 el.à mutuamente si dissimulano. La sola differenza è che le 2 el.à restano qui separate senza isolante frapposto, benchè abbiano qualche piccola tensione in parecchi casi osservabile. Pare che sia una tendenza dell' el.° a correre dal corpo men capace o —° verso l'altro (come l' ha a correre in molti corpi dalla parte calda alla fredda), e questa tendenza si oppone, fino a un certo termine, alla tendenza dell' el.° all' equilibrio e alla virtù conduttrice per cui questo si ristabilirebbe.

Secondo Péclet l' effetto manca *se le piastre sono perfettamente piane*: ciò non può spiegarsi, egli dice, se non ammettendo che le piastre, nel loro contatto operano come condensatori ad aria (§. 48). Il Volta per altro trovava poco effetto, se le superficie de' piattelli *erano notabilmente scabre e ineguali, e più se lisce ed egualissime e (ciò che importa pure assai) terse e pulite.*

Il prof. Marianini, ripetendo l' esperienza fondamentale del Volta, dopo aver posto sul disco di rame due fili di seta paralleli, vide la tensione essere a un dipresso la stessa, benchè i metalli non si toccassero: aggiunti altri fili incrocianti i primi, talchè fra i metalli fosse la distanza di 2 o 3 fili, la tensione scemò, ma non mancò (a). Qui l' analogia col condensatore è manifesta.

Il medesimo carica un' ampia boccia o giara di sottil vetro, le cui armature sono una di zinco l' altra d' argento con nulla più che addurre esse armature a contatto metallico; questa dà segni col condensatore e scuote le rane (b).

Se le piastre metalliche nelle facce a contatto sieno inverniciate, e fra loro comunichino per un arco metallico, l' effetto è lo stesso, qualunque sia la natura e il numero de' metalli, che forman l' arco (Volta, Péclet, Marianini).

73. Il Volta saldate 2 piastre eterogenee, e. g. di zinco e rame, prendeva fra le dita l' estremità di quella, toccava con questa il collettore di rame del condensatore e otteneva i segni cl.i Così mostrava questi non doversi ripetere dalla pressione nè dal distaccamento. Prevenne pure l' obbiezione che poi s' è tratta dal contatto delle dita, e ottenne i segni, isolando la piastra che non toccava il condensatore, e non toccandola colle mani, purchè essa fosse assai grande o comunicasse col pomo d'una boccia di Leida nè carica nè isolata all' esterno, senza di che la tensione è per la sua picciolezza incospicua.

Se teneva in mano il rame e toccava col zinco il rame del condensatore, non aveva alcun segno. Può dirsi che è costante la diversa copia d' el.° che dee trovarsi fra 2 metalli in contatto, e in questo caso quella del *Zn* toccante il *Cu* non isolato è tanta, che il *Cu* del condensatore dee stare a stato naturale, come il *Cu* non isolato, e come ci starebbe se con questo comunicasse.

Comunque siasi, tenendo il *Cu* in mano, s' hanno segni dal condensatore anch' esso di *Cu* (o d' ottone) se il contatto del *Zn* col collettore

(a) *Mem. della Soc. Ital. T. XXI*: p. 233.

(b) Sulla teoria degli elettromotori. *Mem. VI. §. VIII-XXI.*

non è immediato, ma si fa, e. g. per mezzo d' un pezzetto di panno o di cartone inzuppato d' *Aq*.

74. Ne' diversi conduttori di prima classe diversa è la *facoltà elettromotrice relativa* (elettrotismo) cioè la virtù di spinger l' el.° in altro conduttore che tocchino. Diconsi *elettronegativi* i corpi, ne' quali è maggiore tal virtù (e. g. i perossidi d' argento e di piombo); *elettropositivi* i più atti a ricever l' el.° Il Volta, Davy, e altri, in particolare gl' illustri Marianini e Pouillet hanno dato delle tavole dell' *elettrotismo* di tai conduttori. Pare che si possano a un dipresso disporre così, cominciando da' più —ⁱ.

Carbone arroventito e poi per lungo tempo esposto all' aria.
Manganese grigio radiato.
Ossido di *Mn*. metalloide.
Piombaggine.
Solfuro di ferro cubico.
Tellurio nativo aurifero.
Oro.
Platino.
Mercurio purissimo.
Argento.
Arsenico.
Solfuro di molibdeno.
Ossido di stagno cristallizzato.
Rame non risplendente.
Carbone arroventito e poi immerso nell' *Aq*.
Niccolo.
Cobalto.
Ottone molto ossidato.
Rame splendente.
Ottone.
Ossido di ferro cristallizzato.
Ferro.
Piombo non risplendente.
Manganese.
Stagno.
Lega di stagno *20*, bismuto *1*.
Amalgama: stagno *1*, mercurio *10*.
Piombo splendente.
Carbone rovente.
Zinco.
Amalg. di zinco e stagno.
Amalg. di zinco.
Bario e suo amalgama.
Potassio e suo amalgama.

Tanto più dà el.° un conduttore a un de' seguenti quanto più essi distano in questa serie. Si vede che in generale i conduttori più facilmente ossidabili tendon più a prender l' el.° che a darne. Gli ossidi di *Zn*, *Ag* etc. sono —ⁱ. al contatto del *Zn*, *Ag* etc.

Ho detto che i metalli *più ossidabili* tendono a divenir +ⁱ, non ho detto *quei che attualmente più si ossidano*. Mentre cadono sul *Cu* delle goccie d' ac. nitrico, esso s' ossida al certo più del *Zn* che tocca: e pure e il sapor acido, toccando questo coll' apice della lingua, e il condensatore ci dicono che lo *Zn* resta +.° Rendono +° l' oro vari minerali metallici, che inalterati per secoli nel sen della terra, non soffrono certamente chimica mutazione nel breve tempo d' una esperienza condotta con tutte le cautele (Becquerel).

Per lo più son —ⁱ i metalli, che hanno gran peso specifico, o per converso; benchè vi sieno delle eccezioni, e. g. nel piombo. Trovò il Volta che i metalli s' elettrizzano in—, combaciando con leggiera o forte pressione panno, carta, cuoio, legno, avorio ec. assai umidi per ben condurre. Se tai corpi son poco umidi e semicoibenti al solo combaciamento de' metalli divengono ancora più o men —ⁱ, benchè per lo stropicciamento, *massime in costa*, divengano +ⁱ, e il *Zn* anche per pressione o percosse. Pèclet (che ha osservato tensione —ᵃ nell' oro toccato dal platino o dall' argento) attesta che lo *Zn* a contatto d' un liquido diviene —° ; e dice ciò non permettere d' attribuire all' aria umida l' el.ᵃ ch' esso prende a contatto del *Cu*; e *gli pare impossibile non concedere che in questo caso l' effetto osservato risulti dal contatto de' metalli*.

—

CAPO X.

Dell' Elettromotore o Pila Voltiana.

75. Osservò il Volta che non cresce l'effetto el.°, aggiugendo a 2 metalli, e. g. *Zn* o *Ag*, altri metalli di virtù intermedia; nè cresce la tensione ampliando le piastre metalliche, benchè cresca la copia dell' el.°. Nè può aumentarsi soprapponendo senz' altro più coppie: poichè se lo *Zn* ha una certa tensione fra due piastre d' *Ag*, queste l' avranno amendue o nulla o uguale fra loro, e così una seconda piastra di *Zn* l' avrà eguale alla prima e così di seguito, e nulla si guadagnerà.

Avendo peraltro osservato che un panno bagnato trasmette l'el.° da una coppia al condensatore (§ 73), pensò che dovesse pure trasmetterlo da una ad altra coppia metallica; nè s' ingannò. Sopra una piastra non isolata d' *Ag* ne poneva una di *Zn*, su questa un disco di cartone inzuppato, poi un altro d' *Ag* e un altro di *Zn*. Con questo toccava il condensatore e otteneva tensione doppia di quella che aveva da una coppia, e maggiore se *3* erano le coppie, e così se 4. Da ciò conchiuse che grandi effetti dovea sperare da *80* o *100* o più coppie così tramezzate e immaginò il più mirabile e il più fecondo degli strumenti fisici, che chiamò *elettromotore*, e ordinariamente dicesi *pila voltiana* o *del Volta*.

76. La *pila* primitiva non è dunque che una serie di coppie (e. g. *100*), per lo più di zinco e rame, comunicanti una coll' altra per mezzo di conduttori umidi, cioè dischi di panno un pò minori delle piastre, inzuppati in una soluzione di sal comune o di sale ammoniaco o in *Aq* contenente circa $\frac{1}{20}$ del suo peso d'ac. nitrico o solforico, o d' un miscuglio d' amendue. I metalli d' ogni coppia debbon essere similmente collocati, cioè il *Zn* sempre sopra o sempre sotto al *Cu*. I 2 capi della *pila* si dicono *polo* +° o *polo zinco*, e *polo* —° o *polo rame*.

Riesce commoda ed efficace la pila, formandola di 2 colonnette orizzontali comunicanti, collocate in doppio telaio di legno, fornito di lastre di vetro, acciocchè i metalli non tocchino il legno (Fig. 19). Se la pila a colonna verticale è di più di *30* o *40* coppie, la soverchia pressione spreme troppo liquore dal conduttore umido; però è meglio formare più pilette, e far comunicare i loro poli opposti per mezzo di buoni conduttori.

77. Siccome tutto l' artificio sta solo nell' alternar de' *3* conduttori, 2 di prima classe e un di seconda, così in più modi può costruirsi l' *elettromotore*. Il Volta in un col mentovato *apparato a colonna*, descrisse quello *a corona di tazze*. Si dispone certo numero di bicchieri o tazze di porcellana piene di soluzione acida o salina. Si fa comunicare il liquor d' un vasello con quel del vicino per un arco composto di 2 lamine una di *Zn* una di *Cu*, saldate insieme al sommo dell'arco. Cominciando da A (Fig. 20) si fa pescare nel suo liquore C*1*, e Z*1* nel liquore di B: in questo si tuffa anche C*2*, mentre Z*2* è immerso nel liquore di C e così di seguito. A queste 2 forme d' *elettromotore* si riducono le altre posteriormente immaginate.

A quella a corona si riduce la pila a cassette vestite di mastice isolante, che si è descritta. (L. II. N.° 31.)

78. Più mezzi si son trovati per aver elettromotori comodi a grandi piastre, ciò che non accresce la tensione, ma è utile per gli effetti della *corrente* el.ª. Analoga all' *apparato a corona* è la *pila in elice*. Si prendono de' bicchieri alti circa 5 poll., di 3 almeno di diametro in fondo: per un telaio di legno, cui sono attaccate le coppie *Cu* e *Zn*, queste s' immergono ne' bicchieri (ne' quali si pone una soluzione acida) e si alzano da essi. I metalli piegati a spirali concentriche avvolte una nell' altra, son vicini uno all' altro in tutti i punti, ma non si toccano: comunica

il Zn d'un bicchiere col Cu d'un'altro per mezzo di lamine di Cu (Fig. 21).

Si fa anche a meno de' vasi isolanti: si pone la soluzione in cassette quadrilunghe di Cu, o in esse si fanno scendere le piastre di Zn raccomandate a un sostegno di legno: ognuna di queste tocca non il Cu in cui scende ma quello della cassetta vicina (Fig. 22). Si vede nella fig. 23 la sezione d'un *elemento* di tal pila, che suol dirsi *elemento alla wollaston*, e serve ancora da *elettromotore semplice*. In questi elettromotori i metalli si toccano in pochi punti; ma basta che le piastre sieno una all'altra affacciate e vicine.

Con simili costruzioni si ottiene che maggior superficie metallica sia in contatto col conduttore liquido, e il tragitto dell'el.à pel liquore sia assai breve. Nell'ultima forma la superficie del Cu è maggiore di quella dello Zn: queste tre circostanze favoriscono gli effetti delle correnti el.e.

79. Lasciamo per ora gli effetti delle correnti *voltiane*, cioè destate dall'*elettromotore semplice*, o *composto*.

La tension della pila, di cui un de' capi non è isolato, cresce verso il polo isolato, in ragione del numero degli elementi, ossia delle coppie. Essa tensione è dapertutto +a se il polo Zn è l'isolato; nel caso opposto è —.a

Alla metà d'una pila tutta isolata la tensione è zero: dalla metà al polo Zn è sempre crescente e +a, e verso il polo Cu sempre crescente e —a.

Qualunque sia l'ampiezza delle piastre, la tensione della pila di un dato numero d'elementi della stessa natura è una quantità costante.

Queste leggi si verificano coll'elettrometro condensatore. So gli elementi non son più che 100, la tensione è poca cosa, anco nella pila non isolata, o minore assai nella isolata, ch'è como composta di due comunicanti per le basi. Se il numero degli elementi è assai grande, basta l'elettrometro a foglio d'oro.

80. *Tanto più pronta è la tension della pila quanto meglio conduce il deferente di seconda classe frapposto a' metalli; ma il grado della tensione punto non cresce.* I segni elettrometrici tardano a comparire se la pila è *armata* con Aq comune, con Aq stillata, con dischi di nitro fusi, con colofonia fusa, con alcool, con fogli di carta o di cartone forniti solo dell'ordinaria loro umidità ec. ma la tensione, se è lo stesso il numero e la natura degli elementi, è la stessa, o sia armata con ottimo deferente o con un semiconduttore. Ciò fu provato dal Volta ed eccellentemente confermato dal prof. Marianini (*a*), e anche dal prof. A. De la Rive (*b*): questi e Singer e De la Rive hanno talora trovato minor tensione, quando il liquore era più conduttore e più ossidante; ciò è probabilmente per l'ossidazione del metallo +o, che lo fa meno *elettro* +o, ond'è che la tensione delle pile fino da' primi momenti diminuisce, e tanto più e più presto, quanto miglior deferente è il liquore (*c*). Per questa cagione, e probabilmente anche per altre, s'è talvolta osservato che la tensione cresceva sì col numero degli elementi, ma però non tanto quanto indica la teorica.

Alcuni liquori aventi su qualche metallo azion chimica assai energica, generando nuove sostanze nell'interno della pila, possono dar nascita a nuove forze elettromotrici, talora contrarie a quelle degli elementi di essa, e così diminuirne o anche rovesciarne la tensione: ma tai forze pertur-

(*a*) Sulla teoria chim. degli elettromot. § 32—34.

(*b*) Bibl. Un. Juillet 1836 p. 159—161.

(*c*) *Marianini*. Gior. di Fis. *Pavia* 1827. — *I. F.-C. IV. C. XXVII.*

batrici della tensione ordinaria, non sono la cagion prima di questa.

Dalle cose esposte consegue *1* che *il preteso* fluido galvanico *punto non differisce dall' el.°* (§ 71): l' identità degli effetti che andremo accennando in seguito, non lascia luogo a supporre diversa cagione (*a*): *2* cho *l' el.° destato a occasion del contatto non si dee a percosse o a stropicciamento*: *3* che *l' azion chimica non è la cagione della tensione el.a delle piastre metalliche o degli elettromotori composti* (§ 68, 73, 74.) Questa proposizione sarà conformata più avanti (*b*).

81. Ecco come, secondo i principi del Volta, si spiega la tension della pila. Il conduttore di seconda classe fa passare da un elemento nell' altro l' el.à che si desta in ciascun d' essi. Non si nega a' liquori la facoltà elettromotrice: questa per altro differisce da quella de' conduttori di prima classe, un de' quali frapposto alle coppie metalliche impedirebbe l' accumularsi dell' el.à. Siccome poi tal facoltà non coopera sensibilmente alla tension della pila (come nè pure l' azion chimica che i liquori possono aver su i metalli), possiamo da essa prescindere. In vero mutati i metalli, restando lo stesso il liquido, la tensione si fa maggiore o minore: ma mutando questo e non quelli, la tensione non suol crescere nè calare, finchè quelli non si alterino.

82. A una piastra C di rame non isolato, soprapponete la piastra Z di zinco: questa riceverà l' el.° da quella, la quale comunicando col suolo torna subito a stato naturale. Chiamiamo + 1 l' el.à +a di Z. Ponete su Z un panno inzuppato: questo acquista la stessa tensione + 1, e Z riprende da C ciò che ha dato, e C dal terreno. Ponete sul panno un altra piastra di rame C': prende pure la tensione + 1. Soprapponete a C' lo zinco Z': questo dee prendere tension +a che superi di 1 quella di C' sottoposto, ossia = 2, e C sempre dà e riprende dal suolo l' el.° come sopra: la differenza fra i 2 metalli a contatto è costante, qualunque sia lo stato el.° di essi presi separatamente (§ 71). Sarà tensione = 2 in un secondo panno bagnato soprapposto a Z' e in C" soprapposto a quello, e tensione = 3 in Z" soprapposto a C". Così procedendo colla giunta d' altri e altri elementi, crescerà in ciascuno la tensione +a.

Se rovesciate la *pila*, talchè il polo *Zn* comunichi col suolo, come si vede con discorso al tutto analogo, avrete in essa tensione —a crescente col numero degli elementi fino al polo *Cu* isolato.

Vengo alla pila isolata. Immaginate una coppia isolata: il *Cu* è —° e lo *Zn* +.° Chiamate sempre 1 la differenza fra i metalli a contatto. La tensione dello *Zn* sarà $+\frac{1}{2}$, quella del *Cu* $-\frac{1}{2}$. Il condensatore diecsi aver confermato che la tensione d' una piastra che ne tocca un' altra isolata, è la metà di quella della prima che tocchi la seconda non isolata. Sieno 2 coppie isolate: s'uniscano per un panno bagnato. Le 2 piastre che stringono questo tornano a stato naturale. Poichè la tendenza che ha il *Cu* di dare al *Zn* può soddisfarsi malgrado la tendenza all' equilibrio, finchè la differenza fra *Cu* e *Zn* a contatto sia = *1*, così le piastre estreme C, e Z raddoppieranno le tensioni $-\frac{1}{2}$, $+\frac{1}{2}$: C avrà — *1*, Z + *1*. Avremo dunque Z' = + 1, C' = 0, Z = 0, C = — 1. Poniamo sopra Z' un panno bagnato, una piastra C" e una Z"; e sotto C, panno, altro Z e altro C: quella coppia aggiunta farà C" = + 1, Z" = + 2; e questa Z = — 1, C = — 2. Così procedendo, crescerà la tensione +a andando verso il po-

(*a*) *Volta* Op. *T. II. Parte II. p. 167* — Identità del fluido el.° Pavia *1804*.

(*b*) *I. F.C. IV* § *124*, *140*, *302*, *314-318*, *320*, *322-326*.

lo Zn e la $-^a$ verso il polo Cu.

Ecco la distribuzione dell'el.à in due pile di 5 elementi, una isolata, l'altra non isolata e. g. al polo Cu.

Pila isolata. P — Non isolata. P'

Elementi

	Pila isolata. P	Non isolata. P'
I	Z = + 5 C = + 3	Z = + 10 C = + 8
II	Z = + 3 C = + 1	Z = + 8 C = + 6
III	Z = + 1 C = − 1	Z = + 6 C = + 4
IV	Z = − 1 C = − 3	Z = + 4 C = + 2
V	Z = − 3 C = − 5	Z = + 2 C = 0

Per isfuggir le frazioni, ho chiamato 2, non 1 la differenza fra C e Z a contatto.

83. Nella pila non isolata P' l'el.° o passa dal terreno nella pila e si ha tensione $+^a$, o dalla pila al terreno e la tensione è $-^a$. Nella isolata P in ambi i poli passa l'el.° da una metà d'essa che resta $-^a$ all'altra che divien $+^a$: la prima metà è come una pila comunicante col suolo pel p lo Zn e la metà $+^a$ è come P'. Tutta P. ha il suo el.° naturale nè più nè meno.

Si isoli P': presto prende lo stato di P. L'aria inumidita dai conduttori umidi presto distruggerebbe la tensione: ma dappersè si ristabilisce quale dee stabilirsi nella pila isolata, che non prende l'el.° che a se, nè il cede che a se. Pare che, perduto l'el.° soprabbondante, nel primissimo istante ogni elemento debba avere + 1 e − 1, ma la forza conduttrice, per cui le piastre che combaciano uno stesso panno umido deono aver pari tensione, distrugge tale stato nè trovasi equilibrio se non quando, la metà superiore avendo preso all'inferiore abbastanza d'el.°, questo si trova distribuito come si vede in P.

Se P tocca il suolo per il polo Cu, acquista quasi al momento lo stato di P', e toccandolo pel polo Zn, lo stato analogo ma tutto $-^a$. La differenza fra le tensioni dei poli è la la stessa in P e P': è ugual divario fra 0 e + 10 che fra − 5 e + 5.

La carica el.^{a}, $+^a$ o $-^a$, de' vari elementi della pila non isolata è come la serie de' numeri dispari. Da ciò consegue che *in essa la carica di tutti gli elementi è proporzionale al quadrato del numero di essi.* La somma delle cariche de' metalli d'una pila di due coppie è *4*, d'una di tre è *9*, d'una di quattro *16* ec. (*a*). Si parla della carica sensibile, senza negare della el.à dissimulata fra le piastre. In pratica possono osservarsi delle anomalie (§ 80).

Se un polo di P si fa comunicar col suolo, la tensione esplorata col condensatore cresce più che non indicava la teorica. Ma si avverta che il condensatore si carica sempre più a pari circostanze al contatto di P', che al contatto di P, la cui piastra superiore non può mettersi con esso in equilibrio senzachè s'alteri il suo stato el.°, e tal diversità di carica nel condensatore è tanto maggiore quanto più ha forza di condensare.

84. Comunichino fra loro i poli della pila per un buon deferente: l'elet.° va per esso dal polo Zn al polo Cu: ma a pena è tolta la comunicazione che già di nuovo la pila è *caricata*, per la cagione medesima per cui da prima si acquista, e per cui ritiene la sua carica, benchè l'aria umida gliene tolga a ogni istante una parte.

Colla pila s'elettrizzano i corpi, ma alla debol tensione di cui essa è dotata. Attaccati a' due capi della pila duo fili metallici (roofori) si fanno comunicare colle armature esterna e interna d'una batteria (§. 40): questa (in tempo assai brevo ma proporzionale alla virtù deferente del conduttor umido della pila) si carica, ma per prolungato contatto la tensione

(*a*) *I. F-C IV, 145.*

non cresce: malgrado la debolezza di tensione una batteria può darci scossa abbastanza forte, se ha almeno 200 piedi quadrati di superficie *armata*. Dunque la pila, che a tensione sì debole dà scosse sì facilmente, versa in brevissimo tempo copia grandissima d' el.°, fonte qual è indeficiente d' el.° Ad una gran batteria fornita d'assai debol tensione vuol paragonarsi la pila, e allora ben appare quella medesimezza d' effetti e di cagione, che comparandola agli ordinarî conduttori o alle mediocri bocce di Leida può parer dubbia.

Perde la pila col tempo la sua virtù per l' ossidarsi del *Zn* (§ 80) o per altro. La pila a *colonna* s' indebolisce quanto alle scosse e agli altri effetti; e finalmente non dà più segni elettrometrici per l' asciugarsi de' panni o cartoni frapposti a' metalli. Il Volta ritardò tal rapido prosciugamento, coprendo di cera alcune pile, che lavorarono assai bravamente anche dopo alcune settimane: così prevenne l'opposizione di chi poi giudicò nulla essere l' azion della pila in un mezzo che non contenga ossigene. Van-Marum provò che la pila non perde la sua virtù nella campana pneumatica.

85. Si fanno delle pile, i cui metalli pescano in 2 liquori differenti (Ridolfi, Daniell, Becquerel). Ogni coppia sarà e. g. un cilindro di rame entro cui si pone un sacchetto di pelle da battiloro che racchiude un bastoncello di *Zn* amalgamato. Si pone nel sacchetto *Aq* con ac. solforico: è bene che questa soluzione sia costantemente rinnovata goccia a goccia, e che un sifoncino penetrante sino al fondo possa a mano a mano torre il liquore soprabbondante. S' empie lo spazio tra il sacchetto e il rame di soluzione di solfato di rame, la quale è opportuno che cinga anche esternamente il cilindro: si mantiene satura, ponendo in essa un pezzo di rame, per supplir al metallo, che la corrente toglie al solfato, scomponendolo. Lo *Zn* d' un cilindro comunica col cilindro vicino per una striscia di rame. Questa pila si dice *di forza costante* perchè la pelle da battiloro (o' altra sostanza porosa) fa comunicare i 2 liquori, ma impedisce il troppo lor mescersi, e il venire sul rame dello *Zn* o del suo ossido, e lascia che sul rame precipiti solo il rame.

CAPO XI

Di varie specie di Pile, e in particolare di quelle che si dicono secche.

86. Oltre le *pile* ordinarie di *Zn* e rame o talora argento, se ne posson fare con qualunque coppia di conduttori di prima classe, e parecchie se ne son fatte, prendendo e. g. per elettromotore —° il carbone o i fogli d' argento (o di latta) coperti di platino per precipitazione, o il platino o l'oro, e per +° lo stagno o il piombo o il ferro e specialmente lo *Zn* amalgamato col mercurio. Queste sono al tutto simili alle ordinarie. Se ne sono fatte con carbone, soluzione di soda e *Aq*; e ancora con fette di più sostanze animali e vegetabili.

Si è fatta la pila con vaselli metallici, e. g. di rame, posti su treppiedi dello stesso metallo e comunicanti un coll' altro per mezzo di strisce umide: ponendo sotto ogni vasello un lume acceso, si hanno segni el.ⁱ a motivo della temperatura diversa degli strumenti diversi del metallo; questi segni cessano, tolti i lumi (Schweiger) Berlhen fe una pila con *Zn* rame e pietra focaia riscaldata; e n'ebbe qualche effetto: il calore rende bastantemente conduttori i corpi semicoibenti e anche i coibenti, come il vetro.

Questa pila era veramente secca. Tali non sono al tutto, ma sono più utili, quelle ove è conduttore umido la carta colla sua ordinaria umidità. Tra queste la più comoda e più sicura ne' suoi effetti, è quella del prof. Zamboni composta con dischetti di carta *dorata* (coperta di foglio di rame) e di carta *inargentata* (stagnata), ovvero solo di questa, di cui esso imbrattava il rovescio con polve-

re di carbone, cui poscia sostituì ossido nero di manganese. Unendo *1000* o *2000* di tai dischetti di carta, si fa una pila, che suol dirsi, e quasi è, *secca*; ha tensione maggiore delle ordinarie, ma non la prontezza di tensione di quelle (§ 80). Con queste pile si caricano le bocce di Leida o le batterie a tensione assai maggiore, che colle pile ordinarie. L'umido aereo diminuisce la tensione di quelle, tanto più quanto son più lente a mostrarla: una assai lenta può servire d'igrometro. Il calorico ne aumenta la tensione, ma nuoce più che non giova, asciugando le carte, se le pile non custodiscansi, come è costume, in tubi di materia molto isolante o vestite di mastice isolante. Anche così il troppo calore diminuisce la tensione come il troppo umido.

87. Il Zamboni bagnava il rovescio delle carte *inargentate* molto suganti con infusione quasi satura di solfato di *Zn*: poi rasciutta la carta, spalmava quel rovescio coll'ossido di manganese: questa pila gli riusciva più energica d'ogni altra fin' allora costrutta. Tal vantaggio deriva secondo lui, da una pila *secondaria* formata di stagno e solfato di *Zn* (nè affatto secco, nè troppo umido), dei quali il primo dà al secondo, com'esso ha trovato; e cospira colla pila *primaria* a spinger l'el.° al polo +.°; ma se per troppo umido s'ossidi la faccia incollata di stagno nasce la pila *secondaria* di stagno e ossido di stagno opposta alla *primaria*. Dalle pile ora descritte ottenne qualche luce con sensibile scoppio: una di *12000* elementi dava scintille quasi d'un poll. Col condensatore si hanno anche maggiori da una di *2000* elementi.

88. Il Zamboni chiamò la sua pila *elettromotore perpetuo*. Infatti vedendo egli tuttora attive e vivaci dopo 24 anni quelle pile, che furon costrutte con tutte le dovute cautele, vedendo i fogli metallici d'una pila di carte dette *d'oro* e *d'argento*, che aveva compito l'anno 24.°, eran sì puri e lucenti come allora che furon comprati, vedendo in due di tai pile in tutto simili la tensione uguale, benchè una sia venuta al mondo 24 anni prima dell'altra, non sa pentirsi di tal nome, per timor dell'ipotesi che attribuendo ogni effetto delle pile all'azion chimica, non vuole che possano esser *perpetue*. « E come dovrò io temerla » ? dice esso: « Stando ai » suoi dettami, o una malattia di » consunsione dell'umido decomposto » nelle carte o la cancrena dell'ossi» do in foglie metalliche cotanto e» sili avrebbe già spenta la lor vita » el.a fin da primi anni; e non per» tanto sì le carte, come le foglie, » senza mostrar mai alcun siutoma » morboso oltrepassarono costanti in » buona salute il ventiquattresimo » anno della loro età. Con sì lunga » esperienza, e senza causa eviden» te di altra malattia, perchè astener» mi dal chiamarle *perpetue* per » quanto ponno esserlo le cose di » quaggiù? Saranno *perpetue* quan» to le loro madri, le carte d'oro e » d'argento, che nelle officine de'ven» ditori mantengono inalterate le lo» ro foglie metalliche, sebbene in » contatto coll'umido naturale delle » carte. E non sarebbe assurdo lo » sperare, che madri e figlie invul» nerabili per la via umida minaccia» ta lor vanamente dalla teoria elet» trochimica, abbiano a perire sol» tanto per la via secca del fuoco al» la fine dei secoli » (*a*).

89. Fra gli argomenti recati dal Zamboni a provare la tensione el.a delle pile non dipendere dall'azione chimica ne scelgo alcuni. Osservò che può farsi una pila con sole carte *dorate* o *inargentate*, ma specialmente colle prime. Ciò spiega, avvertendo che incollata una carta sul metallo, pria che la colla si secchi, s'ossida un poco la faccia da essa toccata, ond'è che questa fa colla faccia metallica vi-

(*a*) Sull'argomento delle pile secche... Risposta del Pr. Ab. Zamboni. Verona 1836.

sibile e inalterata una coppia eterogenea. Però i quaderni vendibili di carte *dorate* son tante pile sempre attive: egli trovò lo stesso grado di tensione nelle carte vecchie di 30 anni e in quelle venute di fresco dalla fabbrica. Osservò che la pila di carte dorate suol mostrar +ª la faccia metallica e—.ª la carta (l'ossido dà al suo metallo): le carte inargentate, qualunque ne sia la cagione, altre hanno +º il metallo, altre—º: ma introdotto pel rovescio d'esse carte dorate o inargentate un poco di latte e asciugatele all'ombra, in tutte il metallo è—.º. Per contrario l'*Aq.* un po'acida introdotta nel rovescio d'esse carte, come sieno asciugate fa divenir +º il metallo. Supponiamo che tuttociò derivi da chimica azione. Esso fa una piletta di sole carte dorate col metallo +º all'insù, e una di carte inargentate col metallo pur +º all'ingiù: le rendo uguali in tensione: questa svanisce quando le soprappone una all'altra. Ma se colle stesse carte volte come sopra, fa la pila coi contatti metallici, ecco destarsi alla cima della pila tension +ª meglio che doppia di quella d'ogni piletta senza contatti metallici. E pure gli effetti tribuiti all'azion chimica tuttora si neutralizzano come prima.

La piletta di carte dorate abbia —.ª le facce metalliche volte all'insù e la piletta di carte inargentate le abbia +º volto all'ingiù. Il polo superiore in amendue è —º: sopraposta la seconda alla prima, il polo superiore avrà tensione —ª = alla somma delle tensioni —ª delle due pilette: potete dire l'azioni chimiche cospirare a spinger l'el.º ingiù. S'uniscano ora le carte dorate colle inargentate mettendo a contatto i 2 metalli, e conservando nelle prime le facce metalliche all'insù e nelle seconde all'ingiù. Le azioni chimiche non hanno mutato direzione e intanto la tensione del polo è +ª e maggiore delle 2 —ª che aveano prima le 2 pilette senza i contatti metallici. Dunque il rame a contatto dello stagno produce una corrente ascendente e una tensione non solo indipendente dall'azion chimica, ma contraria agli effetti di quella e si prevalente che solo l'eccesso è più che la somma di esse (*a*).

Con ciò che s'è detto non vuol negarsi che le chimiche azioni sieno sorgente immediata d'el.ª, nè che sia improbabile ogni teorica elettrochimica; ma di ciò più avanti.

90. Fa vedere il Zamboni come colle sue pile si dimostrano le fondamentali verità elettrostatiche, e in particolare la medesimità dell'el.ª *galvanica* o *voltiana* colla comune. Così più evidentemente e comodamente che nelle *voltiane*, in queste pile si vede il crescere della tensione, da un capo all'altro nella pila non isolata, e nella isolata il crescere delle 2 tensioni dal centro ai 2 poli. Ha migliorato il Zamboni la *bilancia* el.ª di Coulomb (Fig. 18), sostituendo al cannello *g* terminato in *t*, una sorgente perenne di carica el.ª cioè una delle sue pilette; ed esplorando così la legge della ripulsione el.ª ebbe lo stesso risultamento di Coulomb. (§. 60) (*b*).

Si vede facilmente come queste pile *zamboniane* possono servire d'elettroscopio indicanto la natura dell'el.ª. Per lo più si fa uso di 2 pile, come si vede nella fig. 24. Un nastro di foglio d'oro R S, sostenuto da un filo metallico che in alto termina in un dischetto metallico M, è chiuso in una campana di vetro, che racchiude pur le pilette di 300 coppie, co' poli superiori cl.ª oppostamente e sormontati da 2 palle o anelli P, N: le basi O, T sono incastrate in un canaletto nel fondo metallico, da cui sporgono i fili A, B attaccati alle basi i quali servono ad avvicinare le pile o allontanarle, acciocchè si possa disporle in modo che RS tirata da P o da N, si avvicini senza toccarli. Questo elettroscopio è assai sensitivo e utile. Anche può all'uopo servire una sola pila

(*a*) Mem. della Soc. Ital. *T. XXI* *p.* 368.

(*b*) *Zamboni* Elettromotore Perpetuo *Par.* 2.ª *C. V. Art.* 1.º e 3.º

non isolata, o eziandio una isolata.

91. E notissimo il fenomeno del moto meccanico in qualche modo *perpetuo*, che si ottiene in più modi con 2 pilo zamboniane. Il più semplice pare che sia sospendere a un sottil coibente un leggiero corpicciuolo metallico, di non minima superficie fra 2 palle, o 2 foglie di metallo comunicanti co' 2 poli opposti delle pile, le cui basi non sieno isolate.

92. Non può farsi una *pila binaria* con 2 metalli; perchè l'el.° spinto egualmente in 2 versi opposti, non può accumularsi in un de'poli. Ma siccome i conduttori di seconda classe sogliono essere assai imperfetti rimpetto a' metalli, così l'el.° passa assai ineguälmente tra quelli e i metalli, se or sieno moltissimi ora pochi i punti del contatto allora i due impulsi contrari non sono uguali. Il prof. Zamboni potè far delle deboli pile con una serie di bicchierini pieni di *Aq.* stillata (o meglio d'*Aq.* di calce) con entro a ciascuno de'quadretti C, B, A, di *Zn* che mandano fuori una sottilissima coda la quale va a toccar l'*Aq.* dell'altro bicchiere (Fig. 25).

Osservò il Zamboni che lo stagno della carta, benchè non a contatto immediato col rame, perchè vestito d'un velo tenuissimo di sego o di vernice copale non affatto secchi, produce l'effetto el.°.

Vide anzi la tensione crescere nelle sue pile per la giunta del sego e della cera. Tale aumento deriva in parte dalla forza elettromotrice da lui scoperta in tai corpi cimentati collo stagno, il quale toccato da essi o dall' olio d'oliva divien +.°

CAPO XII.

Di altri mezzi di eccitare l'Elettricità.

93. Fu chi disse (Parrot) nell'*esperimento fondamentale* del Volta (§.70) destarsi forse in parte l'el.° per la dilatazione subitanea dello strato sottilissimo d'aria frapposta. Ove tal minima dilatazione producesse effetto el.° sensibile, si avrebbe pure separando 2 lastre omogenee di vetro o d'altro. Ma la dilatazione de'corpi produce el.a, allorchè è alquanto considerabile? La cosa non sembra impossibile; ma l'esperienza finora non la conferma (*a*).

In generale si desta el.à ne'cangiamenti fisici o chimici de'corpi. Allorchè questi mutano stato liquefacendosi, vaporando ec. pare probabile che cangi la loro capacità per l'el.° come pel calorico, e però si mostrino elettrizzati in + o in meno divenendo assai più o men libere le superficie delle molecule: ma per averne certezza conviene consultar l'esperienza. Grothus assicurò che avendo fatto aggelar l'*Aq.* rapidamente a —24° R. in una boccia di Leida, la cui esterna armatura non era isolata, l'interna si trovò debolmente +a; e debolmente —a, se faceva in essa struggere celeramente il ghiaccio, il che disse aver ottenuto anche con vaso di latta. Queste sperienze vorrebbero essere ripetute, perchè se ne potessero trar conseguenze. Si citano per contrario esempi di consolidazioni di corpi liquefatti senza svolgimento d'el.à ma può esser diversa la condizione de'corpi che passano per tutti i gradi d'imperfetta fluidità, e di quelli che, come l'*Aq*, da solidi e cristallini si fanno liquidi perfetti.

94. Certo è che *si eccita el.à ad occasione dell'evaporazione*. Il Volta principalmente stabilì questa proposizione: *Vaporando l'Aq. o altro liquido suol restare elettrizzato in — il corpo su cui si fa l'evaporazione*. Ciò fu principalmente provato coll'*Aq.* bollente o solo calda a 65, o 70° R. per mezzo del condensatore e anche solo dell'elettrometro.

Si hanno invece segni d'el.à +.a ove il vapor d'*Aq.* elastico si condensa e perde il suo stato.

Saussure aveva dall'elettrometro segni —i, versando poca *Aq.* stillata

(*a*) *V. Belli* Fis. *n.*° *942*.

in tazze di porcellana bianca rese incandescenti. Il Volta in prova del non doversi tal' el.à ripetere dall' attrito, osserva che dessa è constantemente —a nell' argento, nella porcellana, nel vetro ec. pel vaporare dell'*Aq*. dell'alcool, dell' olio ec.

Coll' el.à destata ad occasione dell' evaporazione dell'acque terrestri e del mare, diè il Volta ragione dell' el.à atmosferica.

95. Pouillet crede che sola l'evaporazione non desti elettricità, e quella osservata si debba a chimiche operazioni che per lo più l'accompagnano. L' *Aq* del mare abbandona molto sale vaporando, e quella pure de'laghi fiumi ec. abbandona sempre in tale atto molecule straniere e assai spesso saline. Anche in questa sentenza si può dare per cagione precipua dell' elettricità aerea quella che si desta ad occasione dell' evaporazione. Diremo nel L. V. dell' el.à atmosferica. Qui solo aggiungo che esso Pouillet ottenne el.à —a facendo cadere delle gocce d'*Aq*. stillata in un crogiuolo rovente d' argento. Saussure aveva fatto la stessa esperienza, e trovò talvolta +a l' el.à dell' argento: ma vedendo che l'*Aq*. stillata talora nel vaporare lasciava residuo bruno, fè bollire nel crogiuolo ac. cloroidrico e lo lavò con molta cura: allora l'el.à fu costantemente —a, anchè versando in quello mezz'oncia d' *Aq* (a).

96. Danno el.à —a all' elettrometro le cascate d'*Aq*, e in generale l'*Aq* che manda in alto molto spruzzo e vapori. Il Volta tribuiva l' effetto all' evaporazione assai accelerata dalla grandissima divisione e agitazione dell' *Aq*. Il ch. prof. Belli pensa che questo principalmente sia effetto d'induzione, cagionato dall' el.à atmosferica generalmente +a a ciel sereno, la quale determini uno stato —o in ciascuna delle gocce d' *Aq*, allorchè sono per separarsi dalla massa cui erano unite. Ha reso tal' opinione assai probabile con varie sperienze: ma osserva prudentemente che a renderla indubitabile, converrebbe esaminare l' el.à delle cascate durante un temporale, e osservare se mentre l' atmosfera mostra el.à —a, esse la presentino +a (b).

97. Parecchi sali facili a evaporare, e. g. nitrato di potassa, solfato di ferro, tartrato di potassa e soda, scaldati un poco sulla fiamma della candela, danno poi segni d' el.à —a: così talvolta qualche sostanza pietrosa (probabilmente quando ha dell' umidità aderente alla superficie) e qualche sostanza vegetabile non al tutto secca. Questo effetto sembra da riferirsi all' evaporazione o a qualche chimica separazione che l' accompagna, nè v' era ragione di confonderlo colla doppia polarità de' *cristalli termelettrici*.

98. Fra tai cristalli son celebri le tormaline: queste dopo essere state al fuoco o nell' *Aq* bollente mostrano a una delle 2 estremità (o, come dicesi, de' poli) el.à +a, e —a all' altra. Si è trovata la stessa virtù in altri cristalli minerali, come in molti topazi, nella prenite, nello zinco ossidato silicifero o salicato di zinco ec.

Si è fatto motto (L.I. §.49) dei cristalli *emimorfici* o ad estremità diversamente conformate. Haüy trovò relazione tra questa proprietà e quella d' acquistare i poli el.à per alterazione di temperatura. Si veda a cagion d' esempio la tormalina *isogona* (Fig. 26). Tal conformazione spesso non si osserva per essere, in questa e nell' altre specie, i prismi naturalmente incompleti e senza una estremità, o rotti e mancanti d' ambedne. Si è trovata in alcuni topazi, e ne' cristalli termelettrici di titano siliceo-calcario e di ascianite. Ma nella boracite o borato di magnesia si ha la più bella conferma dell' antidetta relazione: si presenta per lo più in cubi troncati negli spigoli e cogli angoli solidi alternamente modificati da faccette; le fig. 27, e 28 rappresen-

(a) *V. più avanti n.° 234. I. F. C. IV. § 110—115.*

(b) Bibl. Ital. *T. LXXXIII*. maggio *1836*. p. 32 — Fis. *N.° 995*.

tano due varietà di questi cristalli: una delle 2 elettricità si trova ne' 4 angoli con faccette addizionali e l' altra negli altri 4. I cristalli di zucchero sogliono pure essere alle 2 estremità diversamente conformati, e. g. in una terminano in cuneo e nell' altra in piramide a quattro facce (Fig. 29): anche in questi trovo assai spesso le 2 el.à. Le tensioni el.e sogliono durare più ne' topazi e meno ne' cristalli di zucchero che nelle tormaline; perchè i topazi son più di queste coibenti, e il zucchero è piuttosto semiconduttore. Siccome è diversa la virtù conduttrice ne' cristalli d' una specie (e. g. nelle tormaline che contengono or più or meno d' ossidi metallici) così varia la virtù termelettrica.

L' el.à non si desta in questi cristalli, perchè alta o bassa è la loro temperatura, mà per l' attual raffreddarsi o riscaldarsi di essi; e il polo che nel raffreddarsi del cristallo, è —°, riscaldandosi quello, divien +°, e per contrario. Ciò si deduce dalle sperienze di Canton, di Bergmann, di Wilson e di Priestley, ed è stato confermato da Becquerel. L' el.à suscitata dal cangiamento di temperatura assai spesso sopravvive a questo, e tanto più quanto più secca è l' aria e coibente il cristallo: i topazi di Siberia assai sovente danno segni el.i per 20 o 24 ore. La tensione el.a diviene massima, allorchè la velocità del raffreddamento è divenuta alquanto più lenta. Ne' primi momenti del raffreddamento non sogliono osservarsi i segni el.i.

99. I frammenti d' una tormalina acquistano i poli come l' intera, e più agevolmente. Se rompesi un di tai cristalli mentre è elettrizzato, le parti sono fornite di poli come l' intero cristallo. Da ciò consegue che tai cristalli posson riguardarsi come un complesso di particelle cristalline termelettriche. Le contrarie el.à, che destansi ne' poli opposti e contigui di 2 particelle pare che debbano dissimularsi, e manifestarsi soltanto le estreme. Non assai lungi da' poli l' el.à non è più sensibile in alcun punto del cristallo.

Questi cristalli nulla ricevono di fuori; è il loro el.° che si sposta in ciascuna particella, raccogliendosi in una estremità di essa e lasciando l'altra in difetto. Per altro sembra che a mano a mano che si dissipa l' el.à esterna, accorra alla superficie la carica delle particelle interne. Pretermetto ciò che si è scritto intorno alla spiegazione di questi fenomeni importanti, perchè connessi alla costituzione moleculare de' corpi. Quì basti avvertire come le particelle cristalline regolarmente disposte di questi cristalli debbono avere le due estremità fisicamente o chimicamente diverse, dacchè esercitano differenti attrazioni sulle particelle omogenee, onde le estremità del cristallo acquistano conformazioni diverse: ora tali diversità possono rendere diversamente modificabili per l' incremento o il decremento del calore le parti di ciascuna particella e così renderle el.e al modo di 2 corpi eterogenei a contatto, e fare di un complesso di esse quasi una pila binaria (§ 92), o un fascetto di tali pile (*a*).

100. Di altri effetti termelettrici diremo nella seguente sezione. Elettrizzando i corpi con mezzi meccanici, sempre si desta cal.°. L' ordine secondo cui i metalli spingono uno nell' altro l' el.à destata collo stropicciamento, è quello appunto con cui danno uno nell' altro l' el.° suscitato dall' inequal temperatura: ma non ne deduciamo, che lo stropicciamento o simili mezzi producano el.à solo perchè producon calorico: perocchè il vetro, l' ambra ec. a contatto di corpi di temperatura diversa non danno segni el.i Nè, ristretta a' conduttori di I.a classe, quella proposizione diviene vera; poichè un metallo così elettrizzato mantiene la sua el.à +a o —a, sia che nell' operazione si scaldi più o meno dell' altro. Il carbone stropicciato col ferro, riceve da que-

(*a*) *I. F-C. IV. C. XV* — Giorn. Arcad. *T. LXVI. pag. 38.*

sto, mentre invece dà a questo allorchè l' el.^{a} è destata dal calore, salvo se la temperatura sia eccessivamente più elevata di quanto suol prodursi dallo stropicciamento: ciò è stato osservato dal pr. Gherardi (a).

(a) Sopra le correnti el.^{e} per attrito di metalli: ne' Nuovi Ann. delle Scienze Nat. *fascic.* 8.°

SEZIONE SECONDA

ELETTRODINAMICA.

CAPO XIII.

Della Scintilla e di altri effetti luminosi e calorifici della Corrente Elettrica.

101. Questa sezione tratta delle *correnti el.*e L' el.o è messo in moto o dalle forze attrattive e ripulsive che tendono a ristabilir l'equilibrio, o da altre forze, come per la temperatura o variante (§ 98) o ineguale, per la cagione che muove l'el.o nel contatto de' conduttori eterogenei ec. Allorchè l'equilibrio si ristabilisce ciò avviene o per comunicazione da molecula a molecula, o per emissione o assorbimento delle punte (§ 33) o per mezzo delle scintille. Suol chiamarsi *corrente el.a* non l'elettricità che lentamente si trasfonde o comunica da corpo a corpo e da molecula a molecula, ma bensì quella che scorre velocissima e libera, per lo più ne' conduttori. La corrente el.a è o momentanea, quale è quella che scintilla, o continua. Ogni effetto, o chimico o fisiologico o fisico, della corrente el.a, ampiamente parlando, è fenomeno *elettrodinamico* ma, a favellare con termini più ristretti, si dà tal nome alle attrazioni e ripulsioni prodotte dalle correnti el.e. Prima di venire a queste, diremo della scintilla e degli altri effetti luminosi, calorifici e meccanici delle correnti, che hanno colle cose già esposto stretta relazione.

102. Allorchè l'el.o abbastanza accumulato, per poter vincere la forza isolante del mezzo e produrre una corrente momentanea, passa veloce d'uno in altro corpo con un particolare strepito, appare una striscia luminosa, che dicesi *scintilla el.a* Questa, a uguali circostanze, è tanto più vivace quanto più copioso è l'el.o che passa e quanto più libero è il suo passaggio.

L' el.o s' apre una via nel mezzo isolante, e cominciato a vincere tal impedimento, passa senza difficoltà, o tragittando da una ad altra molecula d' aria, o per un vacuo da esso fatto, allontanando tali molecule (*a*). Si è detto, (e anche ora da fisici partigiani de' 2 fluidi el.i) che la scintilla sembra partire dal corpo +o: ad altri pare impossibile accertarsi di ciò. Può incominciare ancora dal —o, se la tensione —a sia forte: il corpo —o può prendere l' el.o naturale alle molecule dell' aria più vicine e questa alle seguenti e così in seguito. È probabile che la corrente si rinnovi più volte nella durata d' una scintilla. *Pel salto della scintilla fra 2 conduttori, a pari circostanze si esige minor tensione, quando essa procede da quello elettrizzato in meno, che quando procede da quello elettrizza-*

(*a*) Belli Fis. 1121, 1314, 1353, 1354.

to in più (*a*). Attesta Faraday che ciò avviene ancora se la scintilla scocchi nell'ossigene, nell'ac. carbonico o nel carburo idrico; ma nel nitrogene o nell'idrogene, avvien l'opposto. Si elettrizza, or in +, or in —, un filo metallico isolato rotondato a un de' capi, comunicante con un elettrometro, si presenta a una palla metallica non isolata, e si osserva a qual grado di tensione scocchi la scintilla. Questa, a pari circostanze, scocca fra le parti o più vicine o più risaltanti.

La *lunghezza della scintilla* ossia la *distanza esplosiva* è fra 2 dati corpi prossimamente in ragion diretta della tensione (*b*). La scintilla, se sia un pò lunga non segue via retta, ma tortuosa, a modo di picciol fulmine, tanto meno peraltro, quanto più rara è l'aria (Beccaria). Talvolta, allontanandosi dal conduttor +°, si divide come in rami. La scintilla pare più splendida e candida alle estremità che nel mezzo (*c*): sembra che l'el.° più respinto e più attratto presso i 2 conduttori, ivi si condensi.

Se una scintilla scocca tra una pallina +ª e un'altra maggiore, è assai più lunga se la pallina è +ª per induzione, che non se è dessa *inducente*. La medesima differenza, ma in grado minore, si osserva se la pallina è —ª (Faraday).

103. La scintilla, crescendo di forza, cangia di tinta. Allontanando il conduttore, che la riceve, talchè debba più el.° accumularsi prima di sfuggire, la si vede passar dal violetto più dolce al bianco più vivo.

Passando la scintilla per diversi gas, ha diversi colori: è rossa nell'ac. solfidrico e nell'ammoniaca; rossa e debole nell'idrogene; azzurro-violetta nell'ossigene; ne' vapori di alcool e d'etere verdigna; in quei dell'*Aq* bollente giallo-rancia. Influisce pure la natura de'corpi fra quali salta e la superficie, su cui scorre: del rame e del cuoio inargentato esce verde, gialliccia d'un uovo caldo, rossa del sal gemma, del ferro rugginoso, del legno e in genere de' conduttori imperfetti, e in questi suol essere suddivisa in più scintillette: se esce del mercurio coperto da diversi liquori, il colore della scintilla varia secondo la diversità del liquore (Gherardi): sulla polvere di carbone corre gialla, sull'ac. solforico rossa. La scintilla s'è veduta pure nell'olio (Beccaria). Sia una *pila* di circa *50* elementi: dai due poli partano 2 fili metallici e entrino ne'due bracci d'un sifoncino, ove è un pòco di mercurio e sopra esso dell'*Aq*: un de'fili tocchi il mercurio: l'altro alternamente s'immerga in esso e ne esca: e si vedranno delle scintillette.

Fraunhofer avvicinati fino a un mezzo pollice 2 conduttori, uno comunicante colla macchina el.ª, l'altro col terreno, gli univa con sottil filo di vetro: questo pareva una linea di continuo luminosa. Trovò col prisma lo spettro di tal luce, quanto alle linee o strisce (L. III, § 160) diversissimo da quello del sole: vide nello spettro el.° una linea chiarissima nel verde, altra men lucente nel rancio, altra poco chiara nel rosso: nel resto dello spettro vedeva 4 strisce abbastanza chiare.

Wheatstone esaminando le scintille della pila e degli apparati *magnetelettrici*, (di cui parleremo) trovava grandi diversità negli spettri, rispetto ai colori, e alle strisce bianche e scure, secondochè la scintilla era tratta dal mercurio, dallo zinco fuso o dal cadmio, dal bismuto o dal piombo pur fusi. Le apparenze erano le stesse, o la scintilla scoccasse nel vuoto, o nell'ac. carbonico ec. (*d*).

104. Non è improbabile che l'etere

(*a*) *Belli* Fis. *N. 1355 — 58 — Faraday* Bibl. Un. *1838*. Ott. *p. 179*.

(*b*) *Volta*. Identità del fluido elettrico. . *p. 53*.

(*c*) *Beccaria Elett. Artificiale*; *pag. 229 e seg. — I. F-C. IV. § 198*.

(*d*) Giorn. Arcad. *T. LXIX, p. 264, 265, 283*.

luminoso sia messo in moto vibratorio dall' elettrico che passa per esso e che verisimilmente non differisce da esso: così nell' aria tranquilla può destarsi un suono se attraverso di essa soffisi aria o altro gas. Tuttavolta l'indebolirsi stranamente nel vuoto torricelliano la scintilla el.a, benchè la stessa carica, uscita del vuoto, possa dar viva scintilla (H. Davy), il trasportarsi talora da tale scintilla (come pure dal fulmine, ch' è una grande scintilla) della materia ponderabile, la diversa tinta ch' essa mostra secondo il mezzo che attraversa o il corpo onde esce o la superficie che rasenta, le relazioni talvolta evidenti delle tinte con questi corpi ponderabili, l' ottenersi assai più agevolmente belle scintille, quando è debole la tensione (come suole nella pila voltiana) se esca la corrente dal mercurio, da un'amalgama liquida, da un metallo fuso o da un metallo imbrattato di polvere di carbone, tuttociò rende non lievemente probabile, che la scintilla, e in particolare quella data da corpi mancanti di forte tensione, sia composta, almeno in gran parte, dalle molecule de' corpi pesanti, che la corrente o seco trasporta o attraversa o rasenta, e fa vaporare e (ora bruciandoli or no) li rende incandescenti. Che la corrente el.a desti cal.o e che dalla cagione or indicata derivi altra luce el.a lo vedremo or ora.

105. La scintilla di tali scariche elettriche desta la fosforescenza in molti corpi, e questa è spesso più durevole di quella destata dalla luce solare. Nè è necessario che la corrente momentanea scintillante passi per tai corpi: basta che scorra vicina ad essi. Questa dà a' corpi, che non l'avevano, la virtù di fosforeggiare per elevazion di temperatura, e la rende a que' che l' aveano perduta per troppo alta temperatura. I gusci d' ostrica calcinati esposti a una forte scintilla, ma lungi da essa 2, 5, 20, 30 decimetri o più, fosforeggiano: solo gli effetti scemano per la distanza; ma si hanno ancora, secondo Becquerel, a distanza molto maggiore di quella cui sogliono giungere gli ordinari influssi elettrici. Così avviene nello spato fluore verde. Nelle ostriche calcinate cresce per le scariche el.e la tendenza a fosforeggiare. Le lastre di vetro trasparenti, e così quelle di gelatina, interposte fra le ostriche e la scintilla, non distruggono l' effetto, ma assai lo diminuiscono: il vetro violetto e l azzurro lo diminuiscono pure, e questo più che quello: i vetri rossi o giallo-verdicci lo distruggono (Becquerel). L'effetto è maggiore sostituendo al vetro il solfato di calce o il cristallo di monte, e non manca frapponendo *Aq.* chiusa tra 2 lastre di questo (Becquerel e Biot).

106. Questi effetti paiono anche più mirabili, ove si ponga mente alla prodigiosa velocità delle scintille el.e Per determinare tal velocità Wheatstone fa scorrere delle scintille lunghe 4 poll. dinanzi a uno specchio girato rapidamente. Scendendo quelle verticalmonte, e fatta la rotazione in tal verso da muovere l'immagini orizzontalmente da destra a sinistra, il tempo della trasmissione dovea mostrarsi dallo spostameoto orizzontale *de* (Fig. 30) dell' iosima parte della scintilla che da verticale *ab* (un poco ondeggiante) qual è stando immoto lo specchio, dovea farsi obliqua *ce*; e il durar della luce dovea manifestarsi da un' allargamento della scintilla, com'è indicato in *cc'* e in *ee'*. Ora facendo fare allo specchio fino a 800 giri per 1'' talchè poteva accorgersi della durata di $\frac{1}{1152000}$ di 1'', non vide obliquità nè allargamento: dunque il viaggio della scintilla e la sua luce non durano tanto: dunque la scintilla el.a ha più che la velocità di 60 miglia italiane al 1''. Un disco distinto in settori alternamente bianchi e neri, girante rapidamente nelle tenebre, che illuminato a un tratto dalla scintilla el.a o da un forte lampo, s' è mostrato non tutto egualmente illuminato, ma listato di bianco e nero, come se fosse immoto, ha pure provato la grandissima velo-

cità e delle ordinarie scintille el.e e del lampo (*a*). Per altro col metodo sopraindicato trovò Wheatstone sensibile la durata della scintilla d'una boccia, cioè di circa $\frac{1}{24000}$ di 1''; ciò derivò e dalla gran copia d'el.° che dovea passare (la copia a pari tensione dee accrescere la durata) e dall'aver l'el.° in quella sperienza percorso un lungo circuito metallico.

107. Nell'aria rarefatta le scintille scoccan a minor tensione: fra 2 conduttori metallici terminanti in palle nel vuoto boileano, scorre una luce alquanto debole ma continua, per la corrente della macchina. Sono scintillette si frequenti che all'occhio appaiono una luce continua. Wheatstone le vide separate col mezzo dello specchio rotante. Anche nel vuoto torricelliano non perfettissimo scorre l'el.° in foggia di luce diffusa tra violetta e rossiccia (*b*).

108. Sia il conduttor +° d'una macchina el.a, che opera nell'oscurità, terminato in punta un poco smussata: su questa appare il *fiocco el.°* cioè un fascetto conico di raggi divergenti lunghi da 8 a *12* o più linee. Se la punta è acuta i raggetti sono men divergenti, più corti, e più continuati. Nel primo caso può scorgersi che sono formati da più successive esplosioni: ciò s'è confermato da Wheatstone collo specchio girante, col quale osservò che i diversi separati sprazzi non sono sì passeggieri, come le vere scintille, ma hauno durata sensibile. Se il conduttore è —°, si vede invece del *fiocco* una piccola luce, che chiamasi *stelletta*.

Dall'esperienze del prof. Belli si ha che si disperde meglio l'el.à per le punte, se queste sieno —e, ossia se l'el.à +a dee in esse entrare. Quelle del prof. Matteucci indicano che l'el.à +a della pila, corrente in un liquido, meglio si trasmette, se accrescasi il poter conduttore attorno al polo —°, che viceversa. Da tuttociò sembra a De la Rive potersi conchiudere che in generale l'el.à +a va meglio in un fluido da un conduttore imperfetto a un migliore che viceversa (*c*).

109. Le forti scariche el.e, passando per i metalli, gli scaldano, gli arroventano, li fondono o li volatizzano, e li bruciano: scoccando nell'aria chiusa sopra il mercurio, essa resta per un certo tempo dilatata, elevandosene la temperatura. Quanto più ritardata e men subitanea è la scarica, o quanto men bene i corpi per loro natura o per la lor sottigliezza conducono, tanto più questi si scaldano, purchè la scarica sia assai forte per attraversarli (*d*). Il più mirabile è la subitezza di questi effetti: passar l'el.° e produrli si può dir che sia la medesima cosa. Ne' fili di seta dorati l'oro si volatizza e si ossida, nè il calore ha tempo di romper la seta. I fili metallici si sono fusi anco sottacqua. Quando solo si fonde una parte d'un filo di ferro, questa è sempre dal lato dell'armatura +a (*e*).

Congiungendo i poli dell'elettromotoro a grandi piastre con sottil filo metallico, questo, specialmente s'è di platino, riscaldasi e anche divien rovente e dura in tale stato, benchè nel vuoto o in un gas che non mantiene la combustione. Si ha l'effetto con poche coppie e anche coll'elettromotore semplice. Se porzione del fil di platino pesca in un vasellino di acqua, questa al momento bolle. Talora il filo o parte di esso si fonde. Questi effetti s'osservano principalmente nelle pile (§ 78), ne' primi

(*a*) *Arago*. Annuaire pour l'a. *1838 p. 267 e seg.*

(*b*) *Beccaria* Elettr. artif. §. *522-27. sulle scintille el.e v. Belli* Fis. *T. III. C. X.*

(*c*) Bibl. Univ. Ianv. *1838 p. 198.*

(*d*) *I. F.-C. IV. 189, 90.—Riess* Bibl. Univ. Aout. *1839 p. 367.*

(*e*) *Sugli effetti calorifici e meccanici dell'ordinaria el.à posson vedersi Beccaria* Elettricismo artific. — *Priestley* Hist. de l'Electr. *T. III.* — *Belli* Fis. *T. III.* §. *644—660.*

momenti dell' immersione. L' ampiezza della superficie e quella pure del perimetro delle piastre accrescono l'effetto calorifico. Se la sottigliezza del fil di platino è estrema, basta ad arroventirlo un piccolissimo elettromotore semplice. Un sottil filo metallico che si fonde con una mediocre pila, non si fonde con una più forte nell'aria rarefatta, ma il più dell' el.° sfugge splendendo sul filo, invece di traversarlo.

Se il conduttore che unisce i poli della pila è interrotto o è di seconda classe, si hanno altri fenomeni di calore e di luce (che sono a pari circostanze tanto maggiori quante più sono le coppie) come le scintille, lo scaldarsi dell'*Aq*, che congiunge i poli, malgrado lo stato elastico che prende il vapor d'*Aq*. e i gas generati dallo scomporsi di porzione di essa. Una pila di *60* coppie potrà bruciare delle fogliette d' oro, scaldare i liquori attraversati dalla sua corrente, produrre luce e calore fra 2 punte di carbone, e non arroventire il più sottil filo metallico, mentre pochissime coppie o una sola faranno quest'effetto, ma non quelli. I reofori d' una buona pila terminino in due pezzetti di carbone puntaguti e ben secchi. Addotti questi a contatto, le punte si arroventano: allontanati un poco, scoccano tra essi scintille vivacissime; se la pila è fortissima, guizza fra le punte un nastro di fuoco, che pare continuo, nè cessa se quelle a poco a poco allontanainsi fino a *4* o *6* poll. In tal fuoco abbagliante fondonsi i corpi più refrattari, come pezzolini di diamante e di piombaggine. L'effetto si ha ottimamente nel vuoto, nè scema sensibilmente la massa del carbone: dunque questo non è combustione. Con pile di *36* piccole coppie platino-zinco s' è ottenuto il nastro luminoso nell' H e si formò carburo d' H. Le punte di *Fe* producevano luce brillantissima nell'aria comune o nell' O; nell' H e nel vuoto appena debole scintilla: nell' aria comune la lunghezza e vivacità della scintilla erano in ragione dell'ossidabilità: massime nel potassio ec. (*a*).

110. L' el.° che esce da un elettromotore di poche e grandi piastre, è copioso, ma ha debol tensione, nè senza difficoltà vince l' impedimento che prova ne' sottili conduttori metallici: però è più atto a scaldarli. Alla difficoltà della trasmissione, per quanto dalle sperienze si raccoglie, è dovuto il cal.° destato dalle correnti el.e. L' elettricità *voltiana* produce più calore ne' metalli che quella per istropicciamento, perchè la prima, per lo più di debol tensione, men facilmente si trasmette, ma non può produrlo ne' coibenti o ne' semiconduttori, perchè non li penetra; e poco copiosa penetrando anche ne' conduttori di seconda classe, farà in essi poco effetto. Data una certa superficie metallica in azione, l' effetto calorifico ne' metalli pare in ragione inversa del numero delle coppie. L'aggiunta d' alcune coppie a un' apparato che produce tal' effetto, lo accresce, ma l' aggiunta di altre lo diminuisce. Per contrario il gran numero delle coppie, accrescendo la tensione, rende facile all'el.° il passare per l'aria scintillando, o per l' acqua scaldandola.

Vedremo più avanti un caso singolare, in cui la corrente voltiana produce freddo.

CAPO XIV.

Degli effetti Meccanici delle Correnti Elettriche.

111. È provato da molte sperienze che le correnti istantanee delle scariche el.e dilatano l'aria mentre per essa passano: queste espansioni, che non durano più d' un momento, non possono totalmente tribuirsi al calore destato. Il rumore della scintilla è prodotto dal dilatarsi e dal successivo retrocedere dell' aria: così lo stridore del *fiocco el.°* e il sibilo della

(*a*) *Grove* Bi. Un. *1840* Févr. *p. 426, Juin p. 388.*

stelletta. Passando una forte scarica per poca acqua chiusa in vaso di vetro, questo si spezza: così un tubo capillare di vetro pieno di mercurio, per l' aumentata mole del liquido. Ma questi e simili effetti, (come il lanciarsi d' una palla di legno pel volatizzarsi dalla corrente momentanea una goccia d' *Aq* o d' alcool) son dovuti principalmente alla virtù calorifica dell' el.° corrente; come dall' agitazione dell' aria posson ripetersi i moti de' corpi leggieri, presso i quali si scarica una *batteria* o una *boccia*.

Sia una palla di sambuco fra 2 conduttori a pari distanza da uno e dall' altro, e quelli comunichino colle 2 armature d' una boccia carica. Se la carica è un poco forte, e la palla, appoggiata a bastoncelli isolanti, non soffre assai attrito, è cacciata dal conduttor +° al —°.

La scarica d' una potente batteria spezza le lastre di vetro e i cilindretti di legno che traversa: uccide degli animali, e i cadaveri di questi si putrefanno assai presto, come quelli degli animali fulminati. Sembra che l' el.°, non potendo ne' conduttori imperfetti che sono i corpi animali, passare stretto e raccolto come ne' metalli, ne ricerchi ogni fibra, le separi una dall' altra e così le disponga alla putrefazione.

Una pallina di sottile e ottimo vetro si empie d' *Aq* o mercurio o limatura di ferro, e indi vi s' introduce un capo del conduttore che dee condurre la scarica. Questa uscendo del vetro, vi fa un forellino rotondo.

La scarica delle bocce di Leida conduce seco talora delle particelle metalliche (Fusinieri). Quella della pila reca al polo —° della polvere del metallo che fa da polo +,° talora in istato d' ossido, sempre a stato metallico, se si opera nel vuoto, nell' H o nel N. (Davy, Hare, Daniell, Grove).

Scorrendo la scarica el.a sulla superficie d' una lastra di vetro o d' un semiconduttore, lascia spesso delle tracce, che presentano de' raggiamenti nella direzione, che segue l' el.à +a.

Delle polveri poste vicine alla via che percorre la scintilla, si vedon tolte da certi punti, accumulate in altri, e formano linee regolari. Il fenomeno sembra prodotto da movimenti vibratori destati nell' aria dal passar dell' el.° (*a*).

112. La scarica della boccia o della batteria trafora un foglio o più fogli di carta, spesso in due o più luoghi. Sono assai comunemente gli orli de' fori elevati in due versi contrari. Sembra che l' el.° dilati l' aria racchiusa nella carta e la spanda in tutti i versi, ed essa respinga per ogni parte gli ostacoli che oppongonsi al suo dilatarsi. Si citano dell' esperienze, nelle quali, se l' el.° non era molto copioso, ed era buono e assai capace il conduttore, si alzava l' orlo nel verso della corrente +.a e poco o nulla nel contrario; mentre questo secondo effetto sembra essere più cospicuo, se l' el.° è copioso e il conduttore imperfetto: da ciò s' è dedotto che in questo caso v' è una controcorrente per riflusso d' el.° il quale, in parte impedito, torna indietro.

Si sospende a un filo di seta un cartoncino fra due punte, comunicanti colle 2 armature d' una batteria, per modo che le punte non sieno una in faccia all' altra, ma distanti circa un pollice. La scintilla esce dalla punta +.a e va a forar la carta rimpetto alla punta —a. Tremery ha osservato, facendo l' esperienza in aria successivamente più rara, che il foro gradatamente s' avvicina al punto medio fra le due punte, e che sotto la pressione di 5 poll. e 2 lin. è vicinissimo a tal punto. Forse l' el.°, tolto o assai diminuito l' ostacolo dell' aria aderente alla carta, può trapassar questa, ubbidendo all' attrazione che lo chiama alla punta —a, anche là ove tale attrazione è minore, cioè più lungi da essa punta.

113. Nella pila formata di rame

(*a*) *Abria.* Ann. de Ch. et Ph. *T. LXXIV. p. 186.*

(o argento), zinco e panni bagnati, l'ossido di Zn, che si forma ove esso tocca il conduttore umido, spesso attraversa questo e va a coprire l'altro metallo; e talora delle particolette di rame si staccano dalla piastra e aderiscono al Zn superiore. Il trasporto si fa sempre nel verso della corrente +.ª. Se non circola la corrente fra i poli, i trasporti non si osservano. Allorchè dall'ossido di Zn è coperta tutta la superficie della piastra di rame, la pila sembra divenire inerto. Ciò può derivare dal ritardo, che soffre l'el.º passando per l'ossido, onde possono impedirsi tutti gli effetti della corrente. Può anco derivare da molecule di Zn pura, o passate in tale stato, o ritornate ad esso, disussidandosi, ciò che s'è osservato accadere: allora il rame è fra Zn e Zn, e l'effetto manca. Questi fenomeni s'osservano principalmente nelle pile a piastre piccole.

114. Si fanno pescare in un sifoncino in forma di U contenente Aq. due fili metallici, che partono da' poli della pila, e che diremo *roofori o conduttori della corrente*. Si divida in due l'Aq. del sifoncino con alcune gocce di mercurio. L'Aq. passa dal rooforo +.º al —º (cioè nella direzione dell'el.ª +ª) attraversando il mercurio: se prima era meno d'Aq. dal lato del —º, arriva presto al livello, e sale sopra esso, e talora passa sensibilmente tutta. Sembrò al can. Bellani, primo osservator di questo fenomeno, che meglio riesce con deboli che con forti pile. Talora, essendo restate poche gocciole al lato +º, rovesciando il sifone e ponendo esse gocce in comunicazione col rooforo —º, ho veduto in pochi minuti quasi tutta l'Aq. venire a questo. Simili effetti si ottengono dividendo in due il sifone con un pezzo di vescica o con carta da feltrare coperta di chiara d'uovo e poi immersa nell'Aq. bollente per coagular l'albumina. I vari liquori vanno, più o men facilmente, sempre nello stesso verso dell'Aq. Becquerel vide trasportata anche l'argilla stemprata nell'Aq. L'effetto è debole nell'Aq. stillata (Dutrochet); probabilmente per la poca virtù deferente di questa e pel rallentarsi della corrente, che ne consegue. S'è tentato ridurre questi effetti al principio dell'endosmosi (L. I § 99), i quali ancora, secondo alcuni, sono, almeno in parte, effetti di piccole correnti el.e destate dall'union chimica di due sostanze (e qualche eterogeneità, come vedremo, è nelle parti dell'Aq. a contatto de' 2 roofori): ma però nell'effetto di cui ora parliamo ha certo gran parte la corrente della pila, specialmente, allorchè l'Aq. è divisa dal mercurio. In questo caso, ponendo Aq. comune da un lato e soluzione di zucchero dall'altro, senza l'azion della pila non ho veduto l'Aq. passare all'altro lato (nè pure aspettando più settimane) nè quel trasalire e come contrarsi del mercurio, che spesso osservasi sotto l'azion della pila e sembra prodotto dall'Aq. che s'apre ogni tanto una via tra il vetro e il mercurio. Per contrario con una pila a cassette di 50 coppie la soluzione andò all'Aq pura attraverso il mercurio; ci andò anche l'alcool, benchè debolmente. Non nego per altro che l'endosmosi possa avvenire nel sifone col mercurio, passando il liquore fra questo e il vetro: leggo anzi che Terichau afferma aver ciò osservato (*a*).

CAPO XV.

De' Fenomeni principali del Magnetismo.

115. Prima di passare agli effetti *elettrodinamici in senso stretto* (§ 101), conviene esporre i principali fenomeni della *calamita* e del *magnetismo terrestre*, per cui virtù un ferruzzo calamitato posto in bilico nella bussola guida il navigante per mari sconosciuti. Vedremo presto, che trattando di questi, non ci siamo se

(*a*) *Avogadro* Fis. de' corpi pond. *T. II. p. 333.*

non in apparenza allontanati dalle correnti el.e.

Dicesi *calamita* o *magnete* un minerale noto da gran tempo, per la virtù di attrarre il ferro: è esso stesso ossido di ferro e si crede composto di 2 proporzioni di triossido di *Fe* e di una di biossido. Anche altri minerali di *Fe* esercitano la stessa azione in grado inferiore. Come il *Fe magnetico*, il *Fe* puro e l'acciaio, così il niccolo è attratto dalla calamita e l'attrae.

116. Se una calamita di figura parallelepipeda s'avvolga nella limatura di *Fe* questa aderisce principalmente a 2 facce opposte, che diconsi *poli* di essa. Ciascun *polo* presentato alla limatura, la tira a certa distanza: s'attaccano ai poli de' fiocchi d'essa limatura: i raggi de' fiocchi son composti di particelle di limatura aderenti per lo estremità una all'altra. Dunque tai particelle tirano il *Fe* ossia divengono *magnetiche* per influsso o *induzione* della calamita presente. Agevolmente prende questo *magnetismo* il *Fe* dolce, ma allontanato a pena dalla calamita lo perde. In vece della limatura, posson vedersi pendero da una calamita parecchi anelletti o cilindretti di *Fe* dolce aderenti uno all'altro.

117. Un pezzo di calamita abbastanza libero, volge un de' *poli* verso il *nord* e l'altro al *sud*: li chiameremo *polo* N. e *polo* S. Se il polo N d'una calamita e il polo S d'un'altra sono vicini, v'è fra essi mutua attrazione. Per contrario tra il polo N d'una e il polo N dell'altra è ripulsione: così fra 2 poli S.

Divengono facilmente e stabilmente magnetici il *Fe* martellato e l'acciaio, un prisma d'acciaio, un cilindro, un ago romboidale da bussola ec. tocchi per poco tempo un de' poli d'una calamita: il capo che ha toccato quel polo acquista un polo di nome contrario (S, se quello era N) e l'altro il polo opposto, se il pezzo non è troppo lungo. Meglio si calamita l'acciaio, strisciando successivamente più volte con un polo della calamita da un capo all'altro dell'acciaio, sempre nella stessa direzione. Se il polo era N, si ha un polo S ove quello termina il suo cammino, ove è bene fermarlo qualche momento dopo ciascuna strisciata. Questo polo si trova più valente dell'altro ch'è all'altro capo. La facoltà di ritenere il magnetismo acquistato, dicesi *forza coercitiva*.

L'acciaio magnetizzato, ossia la calamita artificiale, opera anche meglio della più parte delle calamite naturali, nè è men atto a calamitare altro acciaio. Cogli aghi sospesi ben s'osservano la direzione, l'attrazione e la ripulsione magnetica e si dimostra la legge indicata: *I poli di nome diverso di 2 calamite ossia quelli che tendono a volgersi a parti opposte, si attraggono; e i poli omonimi si respingono.*

Un *ago* romboidale d'acciaio temperato, chiuso in una scatola e coperto da un vetro, è ciò che dicesi *bussola nautica*, strumento inestimabile per l'arte marinaresca e utile ancora a quella delle miniere.

Più forte si calamita l'acciaio, ponendo presso il mezzo del suo asse, ma non a contatto, due poli di nome diverso di due valide calamite artificiali, e poi strisciando con essi poli fino alle due estremità dell'acciaio: dopo qualche istante si staccano da esse estremità, si riconducono al mezzo come sopra e si replica più volte l'operazione: ogni volta cresce il magnetismo dell'acciaio, fino a un certo termine: giunto a questo l'acciaio è *calamitato a saturazione*.

Mentre una calamita magnetizza l'acciaio, nulla perde di sua virtù. Dunque nulla esce di esse, ma opera come un corpo elettrizzato che elettrizza per induzione.

Prima che il *Fe* sia tirato dalla calamita, è già da questa reso magnetico per induzione: perciò non è propriamente il *Fe* nello stato ordinario, ma solo il *Fe* magnetizzato quello ch'è attratto dalla calamita.

Spesso i prismi o cilindri d'acciaio magnetizzato sono curvati a foggia

di ferro da cavallo: allora i poli sono vicini e possono operare amendue sopra un dato corpo. Questi *ferri da cavallo* assai bene si calamitano, ponendo i poli d'altra simil calamita presso l'origine delle due gambe *ae* (Fig. 31), e strisciando più volte di là alle estremità *ns*. Così applicando i poli di nome diverso si rinforza con un *ferro da cavallo* più potente un'altro più debole.

118. Rotta in quante si voglia parti una calamita naturale o artificiale, ciascuna d'esse si trova essere una calamita intiera, quanto all'avere i poli che tirano e cacciano e si volgono a N e a S, non altrimenti da quel che facevano i poli della calamita intera: in ogni pezzo è polo N la estremità ch'era più vicina al polo N di quella; così dicasi del polo S. Consegue da ciò che il fenomeno è moleculare come ne' cristalli termelettrici.

Il *Fe* e il niccolo, se troppo son duttili, non conservano il magnetismo, ma rendonsi atti a conservarla con operazioni meccaniche, quali sono la percossa e la torsione (§ 116). Lo stesso ottiensi, almeno nel *Fe*, combinandolo a discreta quantità di certe sostanze, e. g. O. carbonio o solfo o fosforo o stagno. Quanto più queste abondano, tanto men facilmente il *Fe* prende la virtù magnetica, ma tanto più la ritiene, purchè la copia di quella non passi un certo termine.

La calamita, se non è volta secondo la sua natural tendenza, va perdendo della sua gagliardia. Affinchè non la perda, si tiene esercitata. Alla calamita a ferro da cavallo s'applica una traversa o *ancora* di *Fe* dolce, da cui pende un uncino che sostiene de' pesi. Dal peso che sostiene argomontasi la sua forza. Una calamita da prima regge solo un certo peso: sostenutolo per alcun tempo, ne regge uno maggiore, poi uno maggiore ancora, e così di seguito fino a un certo punto. Toglietele a un tratto questo peso: se volete ricaricarnela, non ne riceve che porzione; e converrà a poco a poco vincerne la ripugnanza e fargliele sostener tutto.

119. Ad aumentare la forza d'una calamita naturale, assai giova *armarla*, come nella fig. 32. La calamita è coperta nelle 2 facce più vigorose dalle lamine *nn*, *ss* di *Fe* dolce, che piegate ad angolo s'insinuano sotto la calamita co' piedi *a*, *a'*: le lamine laterali sogliono fermarsi con fasce di rame *mm*. Si considerano como poli *a*, *a'*, e ivi s'attacca l'ancora *e*, come sopra. Una piccola *calamita armata* regge talora 80 volte almeno più che *disarmata* (Galileo). Alcune calamitine armate alzano un ferro *60*, *70* o *75* volte più pesante del corpo d'esse ignude. Le grandi a proporzione sostengono pesi minori.

Sia un polo d'una calamita carico di limatura di *Fe* quanta può reggerne: ponetegli a lato, un pò men prominente il polo di nome diverso d'altra calamita: porzione della limatura cade. Se il polo appressato è dello stesso nome, la forza traente di quella s'accresce, i 2 poli cospirando e non facendo che uno. Quindi l'uso di fare le calamite a scaglioni, unendo un numero dispari di barre d'acciaio calamitato, la media più prominente, le prossime un pò meno ec. Si uniscono per altro anche più barre co' poli tutti in un piano.

I corpi non magnetizzabili, collocati tra il *Fe* e la calamita, non rompono l'attività di questa ossia non niegano il passo alla sua virtù.

Si scorge grande analogia tra gli effetti magnetici e gli elettrostatici, ma insieme si vedono alcune differenze essenziali. Ciò mosse molti fisici a supporre due agenti analogi ne' fenomeni el.i e magnetici. Pensò Epino che un *fluido magnetico*, esistente in certi corpi, si rarefacesse in un polo della calamita e s'addensasse nell'altro; e Coulomb che un *fluido magnetico* composto si scomponesse, quando un corpo si calamita, e un' elemento, il *fluido boreale*, s'accumulasse a un polo, l'altro *australe* all'altro. Queste ipotesi, utili a congiungere e spiegare i fatti allora noti, ma insufficienti a'dipoi palesatisi, sono al tutto inutili ora ch'è visibile l'i-

dentità de' fenomeni magnetici cogli elettrodinamici, come vedremo.

120. A. dalla Bella Italiano, che fu professore a Coimbra, da un gran numero d' esperienze, fatte con una potente calamita, concluse che le attrazioni e repulsioni magnetiche seguono la legge della ragion inversa del quadrato delle distanze. Poneva la calamita in modo che fosse verticale la linea congiungente i poli ossia i piedi. Poneva più alto una minor calamita o un pezzo di Fe o d' acciaio sospeso al braccio d' una bilancia equilibrata da pesi, de' quali gravava l' altro braccio, e così *pesava* la forza magnetica, come altri ha pesato l'el.a. Coulomb dedusse la stessa legge dall' esperienze fatte colla bilancia di torsione. Il Bidone la confermò, sperimentando con un ago magnetico soggetto al moto di traslazione, sospeso che era all' estremità d' un ago d' ottone mobile sul perno. Questa legge è generalmente ammessa dai fisici.

Il dott. Gazzanica osserva che *non è sferica l' azione della magnete, ma prossimamente parabolica*, e perciò *la forza dovrebbe essere in ragione inversa de' raggi vettori*. Esso come pure il dott. Magrini sperimentavano con aghi galleggianti. Le indagini del primo sembrano favorevoli alla legge, purchè le distanze non sieno minime (*a*). Al Magrini era sembrato che nelle distanze un pò grandi l' ago si movesse più lento di quanto porta la legge, e nelle minori più presto (*b*). La legge sembra vera, ma in pratica debbonsi avere delle anomalie, e in particolare dee essere della differenza se si opera sull' acciaio calamitato a saturazione, o su quello più o men debolmente magnetizzato o sul Fe dolce.

121. Attissime a comunicare il magnetismo sono le correnti el.e Il filo metallico che trasporta l' el.o fra i poli d' un elettromotore a grandi piastre, trae le limature di Fe e di Ni, ossia dà loro un magnetismo passeggiero.

Comunichino fra loro i poli d' un elettromotore d' uno o pochi elementi *alla wollaston*, (§ 78) per mezzo d' una spirale di fil di rame coperto di seta, la quale cinga con molti giri un cilindro di Fe dolce curvato in ferro da cavallo: a pena è chiuso il circolo, e il Fe è divenuto una potente calamita, che sostiene il peso di molte libbre: si assicura che taluno di questi *elettromagneti* ha retto *2000* libbre! Alla grandezza dell'effetto contribuisce l' ampiezza della superficie degli elementi e de' loro perimetri, ma più ancora il numero delle spire del filo conduttore, e la grandezza del Fe dolce e la sua natura (*c*). Aperto il circuito, l'*elettromagnete* lascia cadere il peso, e chiuso di nuovo, lo riprende. I suoi poli rovesciansi all' istante in cui i capi del filo cambiano i contatti col rame e col zinco. Se colla mano sostenete il peso applicato a' poli, sentite il rovesciarsi di questi nella pressione, che il peso esercita per un momento sulla mano. Con tai calamite temporanee può magnetizzarsi l' acciaio almeno così bene come con qualunque mezzo conosciuto.

122. La corrente el.a dà ancora all' acciaio il magnetismo stabile. Cingete d' una spirale simile all' accennata un ago o cilindro o una barra d' acciaio, un cui capo vi stia di faccia. Scorra per la spirale la corrente voltiana, come sopra, per tempo brevissimo (o la scarica momentanea d'una batteria o boccia di Leida): l' acciaio si trova calamitato. La corrente tacita, che senza scarica o scintilla va tra il conduttore e i cuscinetti della machina el.a anch' essa calamita gli aghi.

Anche questi fenomeni sono d'*induzione*: dacchè da' corpi ne' quali corre l' el.o nulla passa nel corpo che acquista virtù magnetica (§ 117).

(*a*) *Ann. delle Scienze del* R. *Lomb. Ven.* 1839. pag. 29.
(*b*) *Ivi 1836. p. 279.*

(*c*) *Dal Negro* Ann. delle scienze. *1835 p. 165.*

123. In seguito dell' esperienze accennate il prof. Marianini ha immaginato un nuovo *strumento misuratore delle correnti el.e istantanee e non istantanee*: lo chiama *re-elettrometro*. Un cilindretto di *Fe* dolce, privo di magnetismo si circonda d'una spirale di filo di rame coperto di seta, in modo che il filo con circa 60 giri lo cuopra tutto, e sopravvanzi un poco d' ambe le parti. Si fissa il cilindro con cera sul vetro d' una *bussola* (§ 117). L'asse del cilindro faccia angolo retto con quello dell' ago, e i loro centri sieno nella stessa verticale. Se per la corrente el.a il cilindro diviene magnetico, il suo polo N trarrà il S e caccerà il N dell' ago: e il suo polo S farà l' opposto: però 4 forze tenderanno a muover l'ago per lo stesso verso; ond' è che eziandio se deboli, producono qualche effetto sull'ago. Con questo strumento si esplorano e si misurano anche le correnti istantanee de' coibenti armati, delle scintille ec. (*a*).

CAPO XVI.

Dell' Azione magnetica della Terra.

124. Come s' è indicato (§ 117) *la calamita si dirige con una estremità al polo nord e coll' altra al sud della terra; ossia si quieta in una linea corrente a un dipresso da un polo all' altro, e stornatane vi si rimette*. Il piano verticale, che in un dato luogo taglia la lunghezza dell'ago magnetico quieto nella sua direzione, dicesi *meridiano magnetico* di quel luogo. In un determinato luogo, in un dato tempo, la direzione d' essi *aghi* è la stessa, se qualche accidente non li disturbi. Non così, se portinsi in diversi luoghi. In pochi luoghi il *meridiano magnetico* coincide col *geografico*, cioè col cerchio che passa pel luogo e pe' due poli della terra: per lo più i due *meridiani* si tagliano sotto un angolo che dicesi *angolo di declinazione magnetica*.

Partendo da un luogo ove questa è nulla, e andando verso N o verso S, si può passare per una serie di punti ove pure sia nulla. Tai punti non sono in uno stesso meridiano geografico, ma in una curva irregolare piegata ora a oriente ora a occidente. La *declinazione* scema a mano a mano che ci avviciniamo a una di queste *linee senza declinazione*, ed è massima nei luoghi medii fra due di queste. Sembra che si trovino quattro linee senza declinazione sul nostro globo. La loro posizione non è costante. Quella che corre per l'Oceano Atlantico (e quindi volgendosi a nord-ovest, si dirige agli Stati Uniti e poi alle altre parti settentrionali d' America) passava per Londra nel 1657, e per Parigi nel 1664. Il suo moto non è uniforme ne'diversi paralleli. Prima che questa *linea* passasse per le parti medie e occidentali d' Europa, l'ago in Italia, Francia ec. declinava verso oriente: indi cominciò a declinare verso occidente: ora tal declinazione sembra diminuita.

Se gli aghi si dirigessero col polo N verso un punto del globo, quello sarebbe il *polo magnetico* N della terra: ma dalle cose dette conseguita che non dapertutto dirigonsi allo stesso punto, e pare che debbano riconoscersi due poli N e così due poli S. In Roma la declinazione occidentale osservata nell' ottobre del 1833, era 16.°, 35'.

Nella declinazione si osserva un periodo diurno e uno annuo, cioè essa è maggiore o minore secondo le ore del giorno e i mesi dell' anno. Spesso le variazioni dell'ago calamitato sono contemporanee in luoghi assai lontani, e anche le perturbazioni straordinarie: ma non sempre è così, neppure in luoghi vicini.

125. Un ago d' acciaio non calamitato sospeso da un filo pel centro di gravità, resta orizzontale. Magnetizzato e posto nel piano del meridiano,

(*a*) Mem. sopra uno stromento... *nelle* Mem. di Fis. sperimentale del prof. Stef. Marianini. *Modena 1838 Anno. 1. Fasc. 1. p. 21.*

s' abbassa all'istante il suo polo N verso terra. Nell'emisfero australe s' abbasserebbe l' altro polo. Questa *inclinazione magnetica* suol esser minore presso l'equatore, e maggiore a misura che ci allontaniamo da esso. Si misura l' *inclinazione* ponendo l' asse di sospensione d' un ago magnetico al centro d' un cerchio verticale di rame, il cui lembo graduato gira attorno a un asse verticale : due dischi verticali di vetro difendono l'ago dall'aria. Quando il cerchio è nel piano del meridiano magnetico, l'arco compreso tra il punto ove si quieta l' *asse magnetico* (la linea che unisce i poli dell' ago) e il punto verticale inferiore del cerchio dà l' *inclinazione magnetica*. Questo strumento è la *bussola d' inclinazione*. (Fig. 33).

Ecco alcune osservazioni fatte con questa negli anni inscritti:

	Inclin. dell' ago	Anno
Roma . . .	61°, 38', ...	1833 ottob.
Firenze . .	61°, 47', 6" ..	1835
Lione . . .	65°, 39', ...	1825
Berlino . .	68°, 30', 10" .	1829
Pietroburgo.	71°, 6', 7" ..	1829 dice.

In Europa l' inclinazione negli ultimi anni è scemata : a Pekino sembra che cresca.

I luoghi senza inclinazione non sono tutti nell' equatore terrestre : la linea corrente per essi, detta *equatore magnetico* nè pure è un cerchio inclinato all' equator terrestre d' un angolo di circa 12° (come indicherebbero le molte osservazioni fatte nella parte dell' *equatore magnetico* posta nell' Oceano Atlantico), ma è una curva irregolare, che per altro non s'allontana mai troppo dall'equatore terrestre.

Anche l'equatore magnetico ha un moto, e questo al presente è da est ad ovest. Con tal movimento si spiegano le variazioni che prova d' anno in anno l' inclinazione magnetica nei diversi luoghi della terra. Movendosi esso equatore, varia la *latitudine magnetica*, da cui dipende l'inclinazione.

Questa s' è trovata maggiore la state che il verno. Fra i tropici le variazioni diurne della declinazione sono minori che ne' nostri climi.

126. Da' fenomeni sommariamente esposti consegue che *la terra opera sulle calamite come farebbe una gran calamita* che avesse i poli collocati verso il N e verso il S. Ove l' *ago* si pianta eretto a perpendicolo, ivi è un polo magnetico della terra.

Siccome i poli omonimi nelle calamite sono quelli che si respingono , così sembra che il polo della calamita guardante N, attratto dal N della terra, debba chiamarsi polo S, e reciprocamente. Così fanno alcuni : ma per fuggir confusione , non faremo coscienza di tenerci alle vecchie e volgari denominazioni: dicendo *polo* N , della calamita, intenderemo senza più la parte di essa che si volge a N.

Degli aghetti d'acciaio tenuti per certo tempo nella direzione del meridiano magnetico, acquistano talora il magnetismo. Un cilindro di *Fe* dolce se lo ponete nella direzione dell' ago magnetico, o anche in situazion verticale, è magnetico finchè sta in tal situazione: il capo inferiore, nel nostro emisfero, divien polo N. È manifesto che in questi casi il *magnetismo* è comunicato dalla terra.

Gay-Lussac e Biot in un viaggio aerostatico non trovarono sensibilmente scemata l'azion magnetica della terra. Ma Forbes ne' Pirenei e Kupffer sul Caucaso trovarono in essa qualche decremento all' altezza di *1000* piedi.

127. Un ago calamitato orizzontale, abbastanza libero , deviato dalla sua direzione , è richiamato ad essa dalla *forza direttrice* della terra; e si quieta in essa dopo essersi dondolato più volte di qua e di là, come fa un pendolo allontanato dalla verticale : di questo la forza acceleratrice è la gravità, dell' ago è la forza direttrice della terra. Tal forza è proporzionabile al seno dell'angolo che fa col meridiano magnetico l' ago stornato da esso (Coulomb). In aghi d'egual peso , lunghi da *5* a *8* poll. , le forze direttrici sono a un dipresso in ragione della lunghezze.

Il numero delle oscillazioni, che

fa in un dato tempo uno stesso ago calamitato, o il tempo in cui compie un dato numero di oscillazioni, indica l' energia della forza direttrice, ch' è maggiore ove l'ago dondola più veloce di quà e di là della sua direzione. Dalle diligenti indagini fatte in molte regioni si vede, che *tal forza cresce a mano a mano che ci avviciniamo all' equatore*. L' ago, che faceva 60 oscillazioni a Berlino in 316," le faceva a Roma in 281", 8; e a Napoli in 279". Non mancano delle anomalie prodotte forse dalla differenza dell' ora e della stagione, e talvolta, come sul Vesuvio, da materie ferruginose. Sembra che l' energia della forza magnetica, in Europa, scemi al mattino, sia minima tra le *8* e le *11* antimeridiane, indi cresca fino ad alcune ore dopo il mezzodì (*a*).

128. Per certe sperienze è opportuno un ago magnetico *astatico*, cioè insensibile all' azion della terra. Si attaccano a una paglia, uno sotto l'altro, due aghi al tutto simili, d' egual forza magnetica, co' poli di nome diverso volti alla stessa parte: si sospende a un filo di seta questo sistema ch' è *astatico*, perchè la terra non può su di esso operare magneticamente. Ovvero si sospende orizzontalmente una paglia ne' cui due capi si fanno entrare due simili aghetti volti contrariamente. Un analogo apparato costrutto con molte cautele è il *sideroscopio* di Lebaillif (*b*).

129. Le forti scariche el.e talora magnetizzano gli aghi d' acciaio, passando lungo il loro asse. Il Beccaria trovò che gli aghi posti nel meridiano magnetico, qualunque fosse la direzione della scarica, prendevano un polo N nella estremità, che durante la scarica era volta a N, e reciprocamente. Rovesciando la direzione dell' ago, una nuova scarica, in qualunque direzione, ne rovesciava i poli. Posto l' ago nella direzione est-ovest, e facendo correr la scarica da un capo all'altro, il capo volto ad est prendeva tendenza a volgersi ad est, e reciprocamente; ossia la linea, che congiungeva i poli N e S, non misurava la lunghezza, ma la larghezza dell'ago. (Questa sperienza, non riuscì a Van-Marum; forse non può riuscire se l' *ago* è poco largo). Posto l'ago a perpendicolo, la scarica in qualunque verso generava il polo N nel capo volto alla terra (*c*). In queste sperienze le correnti el.e non altro pare che facciano se non disporre, scuotendole, le molecule d' acciaio a ricevere la virtù magnetica del globo terrestre, ciò che fanno pure l' azion del martello, quella del trapano o della lima, l'attrito col mezzo delle mollette, le vibrazioni che fa una lamina d'acciaio fissa a un capo e curvata nell' altro, e quindi lasciata a se stessa (specialmente se va a battere un corpo duro) e l'operazion della tempera velocemente eseguita. Questi mezzi spesso magnetizzano gli aghi che sono nella direzione del meridiano magnetico e più facilmente se sieno o nella direzione dell' *ago d' inclinazione* o verticali.

CAPO XVII.

Dell' Azion mutua Attrattiva e Repulsiva delle Correnti Elettriche.

130. Correndo l' el.e per un buon conduttore, che congiunga i poli dell'elettromotore, invece delle ordinarie attrazioni e repulsioni si manifestano le *attrazioni* e *repulsioni elettrodinamiche*. Questi movimenti sono propri delle correnti el.e in generale, non esclusivamente delle *correnti voltiane*: ma siccome meglio si osservano cogli elettromotori, anzi parecchi non si sono finora con altro mezzo osservati, così diremo principalmente degli effetti delle correnti voltiane.

Ad ottenere i movimenti, che la forza elettrodinamica eccita in un conduttore metallico, è uopo che parte

(*a*) *V. I. F-C. IV. C. XVIII e gli scritti ivi citati.*

(*b*) *I. F-C. IV §. 229.*

(*c*) *Beccaria* Elettric. Artif. *p. 305 e seg.*

del conduttore si renda mobilissima, senza che interrompasi la comunicazione metallica. Ciò si ottiene facendo terminare la porzione che si vuol mobile, in due punte d'acciaio, che immergonsi in due vasellini pieni di mercurio.

131. Ampère, cui dobbiamo la miglior parte degli esperimenti e la bella teorica che esporremo, ha inventata una macchina ingegnosissima, atta a pressochè tutte l'esperienze che dovremo accennare, animata che sia da un elettromotore a grandi piastre (§. 78), benchè di pochi elementi. Non è assai difficile comprendere la struttura e l'operare di tal macchina, a chi l'ha sott'occhio: ma un po' scura ne riesce la descrizione, comechè aiutata dalle figure (*a*). Però la ometto potendosi ripetere l'esperienze con mezzi più semplici come andrò indicando.

132. La legge fondamentale stabilita da Ampère è questa. *Se due correnti el.e si avvicinano a un dato punto, o a una linea o superficie, ovvero se ne allontanano, v'è fra esse attrazione; v'è repulsione tra una che si avvicina e una che si allontana*. Queste, che chiamiamo attrazioni e repulsioni delle correnti, si manifestano per l'avvicinarsi e allontanarsi de' conduttori, ne' quali corre l'el.o.

Se per l'attrazione due conduttori giungano a contatto, l'attrazione non cessa, perchè quelli a contatto non perdono nè rovesciano le loro correnti.

133. Fanno parte dell'esposta legge, e la dimostrano le seguenti proposizioni provate dall'esperienza.

A. *Due correnti parallele, che hanno la stessa direzione s' attraggono.*

B. *L'attrazione si cangia in repulsione se le correnti vanno in contraria direzione.*

Queste proposizioni possono dimostrarsi coll'apparatino della fig. 34. Consiste in una squadra d'ottone fissa stabilmente alla base di legno A B, in cui sono scavate 3 vaschette P, Z, N. Sulla base è il telarino T, e intorno ad esso un filo di rame coperto di seta, che termina per un capo in Z, per l'altro in N. Si pone nella vaschetta *v* la punta superiore del conduttor mobile *c c'* e l'inferiore in Z, e si alza T, sino all'altezza del ramo *c* d'esso conduttore, per metter di faccia esso *c* con uno o con l'altro lato di T. Versato del mercurio in *v*, P, Z, N, si pongono i reofori dell'elettromotore uno in P, l'altro in N. Il conduttore *c c'* è tirato o cacciato dal filo di T, secondo che le correnti di quello e di T, hanno o la stessa o contraria direzione. Simil telarino tenuto in mano fa pure l'effetto.

C. *Due correnti, le cui direzioni fanno angolo, si attraggono, se ambedue s'avvicinino all'apice dell'angolo o amendue se ne allontanino.*

D. *Le medesime si respingono, se avvicinandosi una all'apice dell'angolo, l'altra se ne allontani.* Sostituendo a T un bastoncello, attorno a cui s'aggirino de' fili di rame obliquamente, si osserva l'azione delle correnti ad angolo.

E. *La repulsione del caso* D *è uguale all'attrazione del caso* C. Un conduttore mobile, di cui due porzioni eguali debban percorrersi dall'el.o in versi contrari, non riceve alcun moto per l'azion d'un conduttore fisso posto in faccia e ad egual distanza alle due porzioni, delle quali tira una e respinge l'altra.

F. *L'azione d'un conduttore rettilineo è la stessa di quella d'un conduttore fornito di varie sinuosità, che poco s'allontani dalla linea retta, se operino l'uno e l'altro alla stessa distanza sopra un conduttor rettilineo mobile.* Perocchè nel conduttor sinuoso va l'el.o nella direzione del

(*a*) Description d'un Appareil Electro-dinamique par M. Ampère. 2 Ed. *Paris 1826.—V. Barlocci*. Saggio di Elettro-magnetismo. *Roma 1826 p. 37 e seg.*

rettilineo e di più in due versi contrari, e gli effetti eguali e contrari di tali piccole correnti debbon distruggersi. Sospendasi un conduttor mobile fra due tissi paralleli, uno rettilineo e uno sinuoso, esercitanti sul mobile amendue una forza allontanativa : questo si ferma stabilmente in mezzo a quelli. A ciascun pezzetto curvilineo del conduttor sinuoso possono sostituirsi due piccole rette unite ad angolo. Dunque *posson sostituirsi a una lineetta percorsa dalla corrente el.ª due o più lineette avvivate da una corrente di pari forza, le cui lunghezze e direzioni abbiano colla prima lineetta le relazioni che trovansi tra una forza e le sue componenti. Il risultamento di questa sostituzione è tanto più esatto quanto le lineette sono minori.*

Chiamasi *corrente terminata* quella che non si stende di là dal vertice dell' angolo che fa colla direzione d'altra corrente; e *indefinita*, quella che s'estende di là da esso vertice.

G. *Se una corrente terminata mobile s' allontani da una corrente indefinita, il filo metallico, in cui quella corre, va nella direzione della corrente indefinita.* Una corrente terminata *t* (Fig. 35) è tratta dalla porzione *ad* dell' indefinita e respinta dalla porzione *n c* (C,D) : però il filo procede parallelo a sestesso verso *d*. Ma se la corrente di *t* s' avvicina a *nd*, il filo *t* procede da *d* verso *a*.

H. *Se è mobile il conduttore indefinito, sarà spinto nel verso della sua corrente, quando la corrente del conduttore terminato se gli avvicina, e in verso contrario nel caso opposto.* Se la corrente di *t* s' appressa a *cnd*, la porzione *cn* è tirata da *t* ed *nd* da esso si respinge: avverrà il contrario, se la corrente di *d* s' allontani da quella di *cnd*.

I. *Due correnti indefinite girano per la lor mutua azione attorno alla lor comune perpendicolare, finchè sieno parallele e vadano per lo stesso verso.* Anche questa proposizione discende dalle proposizioni C,D: si attraggono le parti *anteriori* (che hanno passato il punto *a* d' intersezione *a* correnti) *ad*, *ab* come pure le due *ba*, *ea posteriori* (non giunte a quell'angolo), e le *anteriori* respingono le *posteriori*. Provato ciò sperimentalmente, (e si fa agevolmente, sottoponendo un telarino come quello della fig. 34 al lato orizzontale d'un conduttor mobile) resta provato che le correnti angolari s' attraggono e si respingono in modo al tutto analogo alle correnti parallele. I fenomeni indicati si ottengono anche con un solo elemento *alla wollaston* (§ 78) di 20 o 24 poll. di superficie armata.

134. Consegue dalle cose dette che, *qualunque sia l'azione d'un sistema di conduttori fissi sopra un conduttor mobile, essa cambiasi in azione uguale e contraria, se rovescisi la direzione della corrente soltanto nella parte mobile o solo nel sistema fisso.*

Dall' esposte dottrine deducesi potersi dare a un conduttore il moto rotatorio continuo. E. g. una corrente che percorra una striscia metallica ravvolta in più cerchi concentrici produce tal moto in un conduttore parallelo all' asse de' cerchi e mobile attorno ad esso. Perocchè se la corrente (Fig. 36) scenda nel conduttor mobile, è continuamente cacciata dalla parte *ae* della corrente circolare, che s' allontana dal punto cui C avvicinasi, è tratta dalla parte *mn*, che s'avvicina a quel punto. Per contrario la corrente circolare prende moto rotatorio per l'azione della rettilinea che corre in un filo metallico, o ancora di quella che passa per l' *Aq.* acidula.

135. I *cilindri elettrodinamici o solenoidi* sono fili di rame avvolti in elica e coperti di filo di seta. Il *cilindro*, se attorno ad esso corra l' el.º equivale a una serie di correnti circolari parallele, più una corrente rettilinea lungo l'asse. L' azion di questa si distrugge, facendo ritornare il filo nell'asse in verso contrario : restano i cerchi paralleli percorsi dall' el.º in una stessa direzione. Uno di quest *bdef* (Fig. 37) si sospende per le punte *a*, *h* a de' vasellini con entro mercurio, acciò faccia parte d'un circui

to voltiano. Dell' altro d' e' (Fig. 38) i fili i, o son prolungati in f, g, che s' immergono in simili vasellini per fare anch' essi parte del circuito. Quando la corrente circola in ambedue, si avvicina colla mano e' d' ad ed (Fig. 37) in modo che ne sia come continuazione e le correnti circolari vadano tutte in un verso: ed è attratto da e' d', come un ago calamitato, cui un altro s' avvicini in guisa che formi come una continuazione del primo. Se rovesciasi e' d', la corrente ne' due cilindri va in verso contrario e l' attrazione divien ripulsione, appunto come nell' ago calamitato.

Lascio altre sperienze atte a confermare l' enunciate proposizioni. I fenomeni esposti (come i fenomeni magnetici e come quelli da esporsi ne' due capi segnenti) s' osservano attraverso. i vari corpi conduttori o isolanti.

CAPO XVIII.

Dell' Azione del Globo terrestre sulle Correnti Elettriche.

136. Il globo terrestre, che opera alla foggia d' una gran calamita, opera pure a modo d' una gran pila, i cui poli sieno congiunti da un buon conduttore.

La legge di quest' azione, cui riduconsi i particolari fatti, così può esprimersi. *Il globo terrestre opera sulla corrente el.ª, come opererebbero delle correnti*, 1. *circolanti attorno il globo terrestre da est ad ovest*: 2. *normali al meridiano magnetico*: 3. *tanto più vigorose, quanto più s' avvicinano all' equatore magnetico*. Queste correnti terrestri si propongono ora come ipotesi che aiuta a comprendere e congiungere i fatti.

137. Sono come parto di essa legge, e la provano, le proposizioni che ora esporremo e che l'esperienza dimostra. Le correnti che immaginiamo verso l' equatore, quando tendono a produrre effetti contrari agli effetti più deboli delle più vicine al polo, possono supporsi operar sole. Sia un filo metallico orizzontale ea (Fig. 39) fisso in a : la corrente vada da e ad a. Avendo essa corrente una stessa direzione colle correnti terrestri equatoriali EO, tratto da queste il filo prende la direzione sa. Allora la parte di EO che s' avvicina a s caccia il filo, e lo trae la porzione che se ne allontana : il filo prende la direzione oa contraria a quella di EO, da cui perciò è respinto, finchè passi in na: allora, tratto dalla porzione di EO che s' avvicina ad a e respinta dall' altra, torna in ea, per ricircolare ancora.

138. Difatto si ha dall' esperienza che

A. *Una corrente orizzontale fissa in una estremità, per l'azion della terra si volge costantemente in un verso, da est ad ovest pel sud, se la corrente va dalla periferia al centro ; e nel caso contrario, va da ovest ad est pel sud.* Si fa l' esperienza con un conduttor circolare (Fig. 39. *bis*) che pesca nell' acqua acidula, e posa per la punta S in un vasellino di mercurio : si fa che la corrente vada da S in a (una interruzione c nel metallo fatta da un corpo coibente le vieta l' opposta via), e si vede il moto rotatorio del conduttore nel modo indicato.

B. Sieno *due fili conduttori congiunti in modo che uno non possa girar senza l' altro : se la corrente va in uno dal centro alla periferia e nell' altro da questa a quello, le tendenze a moti opposti si contrapesano e tutto resta in riposo.*

C. *Una corrente verticale, se discenda, è attratta dalla parte anteriore della corrente terrestre indefinita, e cacciata dalla posteriore: se ascenda, avverrà l' opposto.* L' esperienza insegna che una corrente verticale ab (Fig. 40) mobile intorno all' asse verticale ce che dall' azion della terra è spinta ver l' oriente, se discende, e ver l' occidente, se ascende.

D. *Una corrente, che gira in una curva verticale pressochè chiusa (o in un rettangolo), per l' azion*

della terra si dispone in modo che il suo asse ha la direzione del meridiano magnetico e nell'inferior parte la corrente va da est ad ovest. In altri termini : *una curva piana quasi chiusa , mobile attorno a un asse verticale , percorsa dalla corrente el.ª si dirige per l' influenza del globo in un piano normale al meridiano magnetico e la porzione inferiore della corrente va nel verso della corrente terrestre.* Si vede ciò agevolmente coll' *anello voltiano* (Fig. 41). È un filo di rame coperto di seta che fa almeno *5* o *6* giri in cerchio di *3* o *4* poll. di diametro : alle estremità nude sono saldate 2 piastrine una di rame e una di zinco. Si sospende l' *anello* a un sottil filo di seta per modo che i 2 metalli peschino nell' *Aq* acidula. Questo è un elettromotore semplice, di cui fanno parte le correnti circolari , che obbedienti all' azione della terra , si dispongono nel modo indicato.

E. *Una corrente orizzontale , mobile attorno a un asse orizzontale, si alza ver l' equatore , se va da est a ovest , e per l' opposito, se va in verso contrario.* Ciò si osserva , facendo passare la corrente pel filo *pvn* (Fig. 42) mobile e collocato in modo che *v* sia normale al meridiano magnetico.

Faraday , sospese a un lungo filo di seta un filo metallico orizzontale, i cui capi un poco incurvati pescavano ciascuno in un vaso di mercurio. Esso avvivato dalla corrente el.ª non prese alcun moto nella sua propria direzione , ma fu tratto come da forze parallele tra loro , normali a tal direzione e procedenti dalla parte dell' equatore.

139. Come una corrente circolare tende a porsi normale al meridiano magnetico , così , se la corrente abbastanza è gagliarda, farà un *solenoide* (§ 135) , e avrà anch' esso , come l' ago calamitato , i poli N e S ; e anche in questi i poli di nome diverso si attrarranno, e si respingeranno quelli dello stesso nome , e tenderanno a inclinarsi, nel nostro emisfero, questi cilindri col polo N, e attrarranno la limatura di ferro. Saranno dunque vere *calamite artificiali*: dunque queste posson formarsi di qualunque materia intorno a cui scorre veloce l' el.º; e perciò *l'ago d' acciaio calamitato non ha virtù diversa da quella che ha qualunque corpo di simil forma, intorno a cui corra l' el.º.*

140. Nelle accennate sperienze è d'uopo che i conduttori mobili non sentan l' influsso d' altri conduttori : per contrario in quelle del C. preceduto spesso conviene che i conduttori sieno *astatici* (§ 128), ossia senza certa direzione : son tali se alternamente seguono opposte direzioni per modo che la somma delle azioni della terra in essi sia zero.

L' ipotesi più semplice che si presenta a dar ragione degli esposti fenomeni, è supporre che esistano realmente o alla superficie o nell' interno del globo quelle correnti che abbiamo immaginato.

CAPO XIX.

Dell' Azion mutua delle Correnti Elettriche e delle Calamite.

141. I fenomeni fondamentali *elettromagnetici* posson ridursi al seguente principio. *L' azion mutua fra le correnti el.e e la calamita è qual sarebbe se attorno a questa s' avvolgessero delle correnti el.e normali all' asse della calamita e andanti da est ad ovest nella sua parte inferiore, allorchè questa è nel suo stato naturale* , ossia *qual sarebbe se le calamite fossero cilindri elettrodinamici.* Ecco le principali proposizioni , che son come parti di quella , la quale resta provata , dimostrate che sieno queste dall' esperienza.

142. A. *Il polo della calamita tira l' anello galleggiante, se le correnti di questo hanno la direzione medesima di quelle immaginate nella calamita ; e lo respinge , se hanno direzione opposta.* Chiamo *anello galleggiante* un anello simile al descritto (§ 138. D) ma galleggiante

nell' *Aq. acidula*, mediante un disco di sughero, non sospeso con seta (Fig. 43). Può sostituirsi all'anello un piccolo solenoide o cilindretto galleggiante. Se a una faccia dell' *anello* si presenta una verga magnetica pel polo attraente, spesso l' anello, venuto ad appoggiarsi a un lato della calamita, scorre lungh' esso, giunge all'estremità, s' infilza nella verga, scorre fino al suo mezzo e ivi si ferma.

B. *Un conduttor mobile rettilineo acquista per l' azion della calamita una direzione normale all' asse di questa, e tale che la corrente del conduttore resta parallela alle più vicine tra le correnti immaginate nella calamita.*

C. *Un conduttor rettilineo, che può allontanarsi dalla calamita o avvicinarsele, se le avvicina se la corrente del conduttore ha la direzione della corrente supposta nella parte più vicina della calamita; nel caso opposto se ne allontana.*

Queste proposizioni possono dimostrarsi con una coppia voltiana e apparatini analoghi a quello della fig. 34, e anche con conduttorini galleggianti analoghi all' *anello* descritto (A).

D. *Sia un conduttor verticale mobile intorno all'asse: una calamita verticale posta nella linea dell' asse di rotazione del conduttore lo fa girare sempre in una direzione: questa è contraria, secondochè è di sopra il polo* N, *o il* S. Z (Fig. 44) è un zoccolo di busso incavato di sopra in forma di vaschetta, con un foro al centro ov' è sepolto per metà un cilindro calamitato, sormontato da un vasellino: col foro verticale comunica un altro laterale inclinato, in cui si pone del mercurio, come pure nel la vaschetta e nel vasellino: *x* è il conduttor mobile, la cui punta si pone in cima al cilindro o le gambe toccano il mercurio della vaschetta. Un rooforo d' un elettromotore, anche semplice, peschi nel mercurio del foro laterale, l' altro in quello della vaschetta; e il conduttore *x* gira intorno alla calamita. Invertendo il posto de' roofori, *x* gira in verso contrario. In questo modo di comunicazione la corrente passa per la calamita: se non ci passa l' effetto è lo stesso. La porzione più efficace della calamita è quella ch'è sotto il conduttore: se fosse di sopra, *x* girerebbe in verso contrario.

E. *Una calamita verticale, per l' azione di correnti orizzontali convergenti al suo centro o da esso radianti, gira sull'asse sempre in una direzione: questa si rovescia, rovesciando i poli della calamita, o rendendo affluenti verso il centro le correnti che da esso radiavano, o per contrario.* Un cilindro d' acciaio calamitato *c* terminato da due madreviti, in ciascuna delle quali può fermarsi a vite un contrapeso di platino, si pone in un vasello di vetro M X Y quasi pieno di mercurio (Fig. 45) in cui pesca l'anello metallico H I saldato a una striscia di rame *gfe*. Si pone una goccia di mercurio nella madrevite superiore *a*, e sopra questa la punta d' acciaio che comunica con un rooforo: a pena *gfe* comunica coll' altro rooforo, la calamita gira, come s' è detto. La corrente entra e. g. in *a*, traversa *c*, passa nel mercurio, indi nell' anello H I, e per *gfe* torna al rooforo —°. Le correnti che radiano nel mercurio, s' allontanano da *c*: però ognuna d' esse, e. g. *Mm* (Fig. 46) trae la parte di *c*, la cui corrente da noi supposta si dilunga da *m* e caccia quella che a *m* s' avvicina, e *e* gira in verso contrario a quello delle sue correnti. L' opposto avverrà, se la corrente voltiana va dall' anello alla calamita.

F. *Un conduttore* C *che può avvicinarsi a uno o all' altro polo d' una calamita normale al suo piano, e i cui poli son di qua e di là da esso piano, è condotto al mezzo della calamita, se la corrente di* C *va nel verso delle correnti più vicine della calamita: nel caso opposto* C *può restare in equilibrio instabile nel mezzo, ma per poco che n' è rimosso, se ne allontana indefinitamente.*

G. *L'ago magnetico devia dalla*

sua direzione per l' azione della corrente. Se un filo metallico, in cui corre l' el.°, è sopra l' ago e parallelo al suo asse, il polo N dell' ago devia verso E, se la corrente viene da N, e verso O se questa viene da S. Se la corrente superiore e normale all' ago, viene da E, l' ago più devia verso O e tende a rovesciare la sua direzione se viene da O, l' ago non si muove e la sua forza direttrice cresce (§ 107). Gli effetti sono al tutto contrari, se la corrente del filo passi sotto l'ago. Se questo è astatico (§ 128), percorre ne' due primi casi un arco di *90°* e di *180°* nel terzo. Se non è astatico, ma è assai mobile, e la corrente abbastanza forte andando sopra e sotto l' ago in due versi contrarî, esercita due azioni cospiranti (Fig. 47) l' effetto è quasi lo stesso. Queste sperienze pubblicate da Oersted furono il seme del nuovo ramo della fisica detto, in senso più ristretto, *elettrodinamica.*

Se il filo conduttore e l'ago sono esattamente nello stesso piano orizzontale, l'ago non dee muoversi.

H. *Un ago calamitato verticale libero ad ogni moto è tratto verso il rooforo, s' è una stessa la direzione della corrente di questo e di quella dell' ago; è respinto s' è opposta.*

È assai notabile che in tutte queste sperienze, la stessa parte dell' ago che tende al N o al S produce effetti opposti colla faccia superiore e coll'inferiore.

Biot ha trovato che l' azione di ciascuna particella del filo conduttore sopra una particella magnetica è in ragione inversa composta del quadrato della distanza, e del seno dell' angolo formato da essa distanza colla direzione del filo.

143. Abbiamo veduto (§ 121, 122) che la corrente el.a magnetizza a tempo il *Fe* dolce e stabilmente l' acciaio, appunto come se destasse in questi delle correnti nello stesso verso. S' è detto che la corrente non aumenta sensibilmente la forza della calamita artificiale. Vedo per altro che se quella va in verso contrario alle correnti che imaginiamo nella calamita, questa s' indebolisce e lascia talora cadere il peso che sosteneva. Così, se il verso della corrente el.a è favorevole, mi pare che accresca un poco la forza della calamita. Forse nell' acciaio calamitato a saturazione ciò non avviene. Un pezzo di *Fe* dolce in foggia di ferro da cavallo attaccato a' due poli d' una calamita sostiene un dato peso. Fate che giri attorno a quello una debol corrente destata da due piastrette rame e zinco. Secondo il verso per cui corre questa, il *Fe* dolce, ora sosterrà un peso maggiore, ora lascerà cadere il suo peso e cadrà anch' esso.

144. Coll' esposte leggi agevolmente si spiega l' inclinazione magnetica (§ 125), che dee prodursi dall' alzarsi ver l' equatore le correnti dell' ago dirette come quella della terra (§ 138. E), tanto più che l' inalzamento s' è osservato eguale, in un dato luogo, all' inclinazione dell' ago: si spiega perchè l' inclinazione sia maggiore a maggior latitudine e l' opposto si osservi nella forza direttrice (§ 125, 127). Questa è in ragione della vigoria delle correnti sottoposte della terra; e quella è in ragione della differenza tra le forze delle correnti terrestri tendenti a inclinare l' ago in due versi contrarî.

145. Talora negli aghi calamitati non molto validi o nelle strisce d' acciaio un poco lunghe s' osservano i *punti conseguenti,* cioè uno stesso polo, N o S, ai due capi e il polo opposto in un punto medio, ovvero più poli alternanti. Ciò può spiegarsi supponendo che le correnti cangino direzione in una parte dell' ago. Invero se una spirale, per cui corra l' el.° ha in una metà una direzione, e nell' altra una opposta, un filo di acciaio posto nell' asse di quella diviene una doppia calamita, che ha alle estremità due poli omonimi, e i due di contrario nome uniti nel mezzo. Se la spirale muta più volte direzione, genera nell' acciaio maggior numero di *punti conseguenti.* E come se la corrente el.a passeggiera

stampasse nell'acciaio omologhe correnti el.e permanenti.

146. Omettendo per necessità molte belle sperienze, (a) che confermano i principi esposti, accenno solo il *molinello di Barlow*. La rotella e il sostegno *ace* (Fig. 48) sono di metallo: nella base di legno, su cui posa, son due vaschette *p* ed *n*, ove si pone il mercurio che dee toccare a pena la rotella. A questa si presenta una calamita a ferro da cavallo, le cui gambe passino un poco al di là del punto ove la rotella tocca il mercurio. A pena, posti i reofori in *p* e in *n*, il *molinello* è animato dalla corrente la rota, si mette a girare in un verso o nell'altro secondo la direzione di quella.

147. I *solenoidi*, come abbiam veduto (§ 135, 139, 142), sono vere calamite artificiali, benchè per lo più non molto valide. Ma quelli hanno alle estremità i centri d'azione attrattiva e repulsiva, mentre gli aghi ben calamitati hanno egual forza ai due capi e da essi andando verso il mezzo la forza cresce fino a un certo punto (e. g. a 4 o 5 linee in aghi lunghi e sottili); poscia decresce rapidamente. Si è per altro osservato che negli aghi di estrema sottigliezza i centri d'azione sono esattamente alle estremità: per converso s'è trovato che ne' solenoidi non sono essi alle estremità, se quelli abbian figura non cilindrica, ma di doppio cono o fusiforme; e quanto più gonfio è il fuso, tanto più dall'estremità s'allontanano i centri d'azione (Nobili). È dimostrato col calcolo che l'azion mutua di due solenoidi può rappresentarsi da forze operanti in ragione inversa del quadrato della distanza.

148. Pare che consegua dalle cose esposte, che *la supposizione delle correnti el.e circolanti attorno alle calamite o alle loro parti è assai verisimile*, rispondendo assai bene ai fatti, che posson da quella logicamente dedursi.

Questa teorica può concepirsi in due modi; possono cioè immaginarsi le correnti girare attorno a tutto il corpo della calamita (come quelle che girano nel filo di rame attorno a un cilindro di cartone) ovvero attorno a ciascuna particella della calamita. La più gran parte degli effetti saranno prodotti del pari da semplici circoli o da circoli composti di minori cerchietti (Fig. 49). Non essendoci alcun fatto contrario alla seconda supposizione, ed essendo i frammenti staccati da una cal.a essi stessi cal.e complete, pare che dessa sia preferibile. Ampère osserva che queste correntine circolanti in uno stesso verso tendono a respingersi e a cangiar mutuamente le loro direzioni, allorchè sono nello stesso piano e per contrario mutuamente s'invigoriscono quando sono esse in piani paralleli e i loro centri in una retta normale a questi piani. Da ciò consegue che le correntine alquanto lontane dall'asse della cal.a s'inclinano, e con ciò può spiegarsi l'essere i centri d'azione distanti più o meno dall'estremità e tanto più, quanto più è larga la cal.a.

Il declinar dell'*ago* per l'azione del *Fe* dolce sembra piuttosto in ragion della superficie di questo che della massa. Ma la forza direttrice in aghi da bussola calamitati a saturazione, di pari figura e lunghezza è piuttosto in ragion della massa: Dunque non bastano a spiegar tutti i fenomeni magnetici le correnti che cingano le superficie della cal.a.

Se l'estremità d'un ago magnetico presentata all'esterno dell'ultima spira d'un solenoide è attratta, sarà respinta se l'ago presentisi all'interno della spira dalla stessa parte dell'asse del cilindro, perchè questa opera sulle correnti dell'ago contrarie alle prime. Così avverrà con una cal.a cilindrica a canale, se le correnti solo ne cingono la superficie: nell'altra ipotesi le azioni dell'esterno e dell'interno di tal cal.a sull'a-

(a) *V. gli scritti di Ampère, e di Demonferrand; Nobili* Mem. ed I. strumenti... *Vol. II° ec.*

go saranno identiche; e così appunto avviene (*a*).

149. Facilmente si spiega perchè attraggansi due calamite A B, A' B' (Fig. 50) poste in una linea e co' poli di nome diverso ravvicinati, e per opposito si respingano se sieno in una linea, ma co' poli omonimi vicini; come pure se ciascun polo è sotto il suo omonimo (Fig. 51). Ma se le cal.e sono si parallele, ma poste come nella fig. 52, le correnti della faccia *dc* non hanno più il vantaggio della vicinanza e dell' azion diretta per cacciar quelle di *a'b'*; e ristringendoci a considerar le azioni mutue delle facce *ab*, *dc*, *a'b'd'c'*, si vede che tra *cd* ed *a'b'* è repulsione, come tra *ab* e *c'd'*; e attrazione tra *ab* e *a'b'* e tra *cd* e *c'd'*: la repulsione delle facce *cd* ed *a'b'* è più indebolita per l'obliquità, che l' attrazione di *ab* con *a'b'* o di *cd* con *c'd'*: vi sarà dunque una certa posizione delle cal.e parallele, in cui la repulsione cede all' attrazione. Ciò avviene quando il polo B' di A'B' risponde a un punto di AB abbastanza vicino al polo A.

150. Si è tentato dar ragione dei fenomeni elettrodinamici con dottrine diverse dalla esposta di Ampére: ma questa è la sola che partendo dal fatto dimostrato dell' identità degli effetti delle cal.e e de' conduttori el.i, argomenta medesimezza di cagione per le due serie d' effetti, e spiega questi con mirabile felicità.

Altri ammettono non so qual magnetizzazione moleculare generata dall' el.o ne' conduttori, ma non possono coll' immaginazione disporre le molecule così calamitate in modo da produrre gli effetti osservati, nè imitar questi cogli aghi calamitati. Altri ricorrono a forze *revolutive*, e suppongono tra ciascun polo magnetico e la corrente el.a una forza normale alla linea che li congiunge, forza contraria alle analogie, poichè tutte le forze acceleratrici conosciute son dirette nella retta che congiunge i punti fra i quali si esercita.

E da por mente che nelle esposte sperienze le due forze, avvicinante e rimovitiva, si esercitano sui conduttori avvivati dall'el.o più tosto che sull' el.o puro. Nella fig. 35 *nt* trae la porzione *nd* della corrente *dc* e caccia *nc*: si vede obbedire a queste forze il filo metallico con esso la corrente che l' avviva: ma intanto dobbiamo immaginare che gli atomi dell' el.o in *nd* si allontanano da *nt* con velocità incomparabilmente maggiore di quella del filo metallico e così quei di *nc* si avvicinano.

151. Il declinar dell' ago magnetico di qua e di là dalla sua natural direzione (§ 142. G) in virtù dell'el.o che corre in data direzione sopra il suo asse, ovvero in un verso sopra l' asse e nell' opposto al disotto, ha dato origine all'invenzione dello strumento (L. III. § 106), che s'è detto *galvanometro*, utilissimo a scoprire le correnti el.e, a indicarne la direzione, a misurarne l' energia. Siccome questo strumento non misura esclusivamente l' *el.à galvanica*, ma bensì le *correnti* e non la tensione, così è più conveniente chiamarlo *misura della corrente* o *roometro* (*b*). Può girare attorno all'ago un sol filo o un nastro, anche un poco largo di rame. Ma ad accrescer l'effetto, si suol avvolgere in più giri il filo o nastro di rame attorno all'ago: allora lo strumento prende ancora il nome di *moltiplicatore elettromagnetico*.

È comunemente seguito il metodo del Nobili di porre sopra i fili di rame un secondo ago in verso opposto al primario: così questo diviene astatico (§ 128) o poco meno, e meglio cede a' più piccoli impulsi della corrente (*c*). Per le indagini accura-

(*a*) *I. F-C IV. 224, 225.*

(*b*) *Roometro da* ροος *corrente. Dalla stessa radice pullula la voce* reoforo, *che sembra più conveniente di reoforo.*

(*c*) *Nobili.* Memorie ed osservazioni *ec. Firenze 1834. Vol. I. p. 1—6.*

te, è da cercare che il rame de' fili sia quanto si può purissimo: altrimenti ha qualche azione sull' ago, e la punta di questo non risponde esattamente allo zero della graduazione: nè tale inconveniente si evita al tutto col filo di argento.

152. Il ch. Marianini ha inventato il roometro *a filo incrocicchiato*: dispone i cerchi del filo non paralleli, ma in modo che col centrale gli altri cerchi si taglino, facendo con esso angoli più o meno acuti. Quando l' ago comincia a declinare, incontra nella direzione del suo asse altre porzioni del filo che operano su d' esso nulla meno della porzione centrale. In parità di circostanze, questo roometro dee riuscire più squisito, secondo la legge di Biot (§ 142 *in fine*), e lo confermano l'esperienze del Marianini (*a*).

153. Trova questi che l'effetto sull' ago non cresce pel crescer del numero delle coppie metalliche ossia suol trovarsi eguale nella pila e nell' elettromotore semplice, se ciò non impedisca la lunghezza o l' imperfezione de' conduttori. La tensione cresce in questo: ma le aggiunte alternative di metalli e conduttori umidi indeboliscono la corrente, come fanno de'conduttori non formanti coppia voltiana. Perciò la maggior tensione è opportuna, se la corrente dee traversare un conduttore imperfetto. S'è veduto più volte che una pila di *100* o *200* coppie non aveva azione sull' ago o l'aveva minore che una coppia: in queste pile, la somma degli strati umidi indebolisce la corrente, come se fossero raccolti in uno e posti nel cammino di questa.

Se l' el.° ha forte tensione non pare indebolirsi, percorrendo anche più centinaia di cerchi nel roometro: tal può esser l' el.° della boccia di Leida. Ma se ha debol tensione, la soverchia lunghezza del filo del roometro e perciò i troppi giri di esso cagionano diminuzione d' effetto sull' ago, nè leggiera se il filo è assai sottile. Si è dedotto da alcune sperienze che la forza d' una corrente sull' ago è inversamente come le radici quadrate delle lunghezze de' fili (Barlow, Cumming, Ritchie).

154. Il roometro ha servito a moltissime ricerche elettromagnetiche, chimiche e fisiologiche. Ad esso siam debitori di tante recenti scoperte sul cal.° radiante. Con esso si è studiata la forza conduttrice de'metalli (Marianini, Becquerel, Avogadro ec.), quella delle soluzioni e in generale de' liquidi (Marianini), l' influenza della compressione sulla virtù deferente di questi (Colladon e Sturm), l' elettrotismo de' conduttori (Marianini, Pouillet), l' effetto della temperatura sull' elettrotismo e sulla virtù deferente (Marianini) ec. ec. (*b*).

155. Al buon successo delle sperienze elettromagnetiche giova anche più dell' ampiezza della superficie delle piastre metalliche quella de' perimetri (*c*); ossia *il minore elemento produce l'effetto massimo relativo, e diviso un elemento in 2 parti eguali, ciascuna d' esse, fa effetto maggiore della metà di quello prodotto dall' intero*: si parla de' perimetri d' un metallo che s' avvicinano all' altro, non di quelli che fossero avvolti in sestessi. Da ciò segue, che si ha grande effetto dividendo la piastra di zinco in assai parti, legandole fra loro con fili di rame, unendole parallele a *10* a *10*, o a *20* a *20*, talchè formino un solo sistema e immergendole tutte a un punto in una cassetta di rame partita in tante divisioni con entro *Aq.* acidula, quante sono le serie di laminette di zinco. Ovvero s' immergono de' telai di legno intorno a' perime-

(*a*) Memorie di fis. speriment. Mem. *I. Modena 1838.*

(*b*) *I.* F-C. IV. 234—237.

(*c*) *Dal Negro* Ann. delle Scienze del *R.* Lomb. Ven. *1833*, *1834* *1838*. Nuovi Esperimenti che confermano l' influenza della reciproca distanza dei perimetri... *Padova 1835.* —*Casari*. Sulla varia intensità delle correnti.... *art. VI.*

tri de' quali girano fili o laminette sottilissime di zinco. Così possono ripetersi tutte le sperienze elettrodinamiche. Sono pure atti a queste degli elettromotori semplici di laminette di rame e di zinco avvolte insieme in forma di spirale piana, ma divise una dall' altra con sughero o spago. Anche l' effetto calorifico (§ 109) e la scintilla s' avvivano con tal mezzo. Si è detto che la massima azion chimica si esercita dal liquore sugli spigoli. Per altro restando pari l' azion chimica, cresce l' effetto se lo spigolo d' un metallo s' avvicini all' altro. Mi pare che l' el.° sfuggendo più agevolmente per gli spigoli, gli effetti, cui giova la continuità della corrente, debbano esser più energici.

156. Si è pensato di far servire da forza motrice il magnetismo eccitato dalle correnti el.e (Il Dal Negro (*a*), il prof. Botto (*b*) e Iacobi) E. g. il primo fece una specie di pendulo d'una o più verghe d'acciaio calamitato; che dondola in virtù dell'alternante repulsione dei poli d'una calamita temporaria (§ 121), dalla quale il suo moto medesimo, per un ingegnoso artifizio cangia incessantemente la polarità e così non pur mostra i fenomeni elettromagnetici, ma serve anche di forza motrice per dar moto a una macchina o alzare un peso. Negli Stati Uniti s' è applicato l' elettromagnetismo al moto d' un torchio tipografico; in Russia a far caminare una barca contro la corrente del fiume, malgrado un forte vento contrario.

CAPO XX.

Delle Correnti Elettriche d' Induzione.

157. Le calamite e il globo terrestre eccitano il magnetismo nel *Fe*, ora stabile or passeggiero, sempre per *induzione* o influenza senza nulla dare (§ 116. e seg). Così le correnti el.e destano per *induzione* il magnetismo or passeggiero (§ 121.), ora stabile (§ 122). Le calamite, il globo terrestre e le correnti el.e destano per *induzione* delle correnti el.e propriamente dette? V' è un' *induzione elettrodinamica*, come v' è l'*induzione elettrostatica*?

Faraday avvolse a un cilindro di legno 300 piedi di filo di rame, e tra le spire di questo un simil filo di 203 piedi, impedendo fra i due il contatto metallico; attaccò una spirale al reometro, l'altra alla pila. Al chiudersi del circuito (e poi all'aprirsi) un passeggiero deviar dell'ago indicò nella seconda spirale una corrente *indotta* da quella della prima. Finchè il circuito restò chiuso, non v' era corrente *indotta*. La corrente *indotta* nel chiudere del circuito va in verso contrario della corrente *induttrice*, e nel verso di questa la *indotta* nell' aprirsi di quello. Queste correnti sono passeggiere, ma non così istantanee, come le scintille e le scariche de' coibenti armati: si destano in qualunque filo metallico, ma meglio nel rame, e quindi nel zinco, ferro, stagno, piombo.

158. Le *correnti d' induzione* si eccitano in modo analogo dalle calamite (o dal *Fe* dolce divenuto a tempo calamito per influenza delle correnti el.e), e di queste correnti magnetelettriche più studiate e più facili ad osservarsi, per brevità, parleremo quasi unicamente.

La legge generale dell' induzione

(*a*) Ann. delle scienze del *R. L-V. 1834. p. 67, 324, e 1838 p. 8.* Nuovi Saggi dell' *I. R.* Acc. di Padova *T. III. p. 369.* Mem. della Soc. Ital. *T. XXI. p. 328.*

(*b*) Accad. *R.* di Torino *T. XXXIX p. 155.* Bib. Un. *1836* Aout *p. 417.* si sono con successo occupati a questa indagine. L' effetto si ottiene in più modi.

elettrodinamica è questa. *Quando un conduttore o una calamita acquista azione induttrice sopra un filo conduttore chiuso, si desta in questo una corrente passeggiera contraria alla inducente, e una pur passeggiera, ma analoga all' inducente, quando nella calamita o nel conduttore cessa o notabilmente scema l' azione induttrice.*

Acquistano tal' azione i corpi mentovati o l' aumentano, quando destansi in essi o avvaloransi le correnti el.e la virtù magnetica, o si avvicinano al filo conduttore chiuso: ne' casi opposti tale azione cessa o scema.

Si sono immaginate parecchie macchine magnetelettriche per osservare questi fenomeni. Quella di Newman rappresentata nella fig. 53, è per avventura la più semplice.

La calamita M è composta di più barre d' acciaio a ferro da cavallo tutte lunghe del pari. Attorno a ciascuno de' due cilindri di ferro dolce $f f'$ congiunti da altro pezzo trasversale è avvolto un lungo filo di ramo coperto di seta bianca: ciascun capo d' un filo si congiunge con uno dell'altro; e vanno a metter capo questi e quelli in due cilindretti metallici racchiusi un nell'altro, e amendue nel cilindro v (separati da questo e tra loro per mezzo di cilindretti di busso), un de' quali conduce 2 correnti dello stesso nome al dischetto metallico d, che pesca in un piccol bagno di mercurio c, e l'altro reca le 2 correnti opposte all' anelletto metallico o, il quale, allorchè la rota R gira, alternamente immerge un'appendice, che consiste in una o due punte metalliche nella parte i del bagno di mercurio, separata dalla parte c per un corpo isolante.

159. A ogni giro di R fa più giri, e. g. 7 o 8, il rocchetto, in cui è annestato l'asse. Quando i cilindri $f f'$ si allontanano da poli della calamita (se il circuito è chiuso dal ponticello metallico ae che congiunge c con i) destansi in ciascun filo 2 correnti el.e nello stesso verso e successive, una per l'allontanarsi di f dal p. N, e di f' dal p. S, l' altra per l' avvicinarsi di f al p. S, e di f' al p. N. Giunti f ed f' in faccia a' 2 poli, cessa per un istante ogni corrente; ma non sì tosto allontanasi f dal p. S, e f' dal p. N, e quindi s'avvicinano ciascuno al polo opposto, ridestansi le correnti in verso contrario per due momenti successivi e così in seguito. Se sieno 2 punte metalliche opposte una all' altra, siccome scocca la scintilla allorchè una punta esce del mercurio, a ogni giro del rocchetto si hanno 2 scintille e 4 correnti, ma equivalenti a 2, mentre 2 successive vanno in un verso e l'altre 2 nell' opposto. Se la punta è una, il circuito resta chiuso per meno di mezzo giro del rocchetto, e ad ogni giro una sola volta la punta esce del mercurio e apre il circuito. Allora la corrente va sempre in un verso: chiamo *semplice* questa corrente e *doppia* quella che va alternamente in due versi contrarî. Si rovescia la direzione della corrente, girando R in verso opposto. La corrente è sempre doppia, se uno de' conduttori che chiudono il circuito metta capo in a, l' altro nel forellino n (ov' è un poco di mercurio) comunicante coll' asse per un filo metallico. Quando la punta esce del mercurio appare la scintilla, e benchè non girisi R con velocità straordinaria, si ha una scintillazione quasi continua, della quale può agevolmente osservarsi col prisma lo spettro che alquanto differisce dal solare, ed è un poco vario, secondochè il mercurio è o assai puro o misto di bismuto, stagno, zinco ec.

160. Alla forza delle calamite risponde senza fallo l' energia delle correnti indotte: ma però una calamita più debole può riuscire in questi fenomeni più efficace d' una più forte, se altre condizioni li favoriscano, e. g. la grossezza del filo di rame, il numero de' giri di esso, e l' ampiezza delle estremità ossia de' poli delle calamite, da che se questi sono poco ampi (com' è d' ordinario in una barra a ferro da cavallo, se non se le aggiungano a' poli de' pezzi di Fe dolce) troppo è istantaneo il tempo del mutuo avvicinarsi e allontanarsi della calamita e

del *Fe* dolce, e quando questo diviene magnetico, il filo di rame non assai vicino poco sente l' influsso della calamita. Pare anche spediente, che i 2 pezzi di *Fe* dolce abbiano ciascuno attorno il suo filo metallico, o però 2 capi d' essi fili dieno l' el.° al mercurio e 2 da esso il ricevano, e non un solo filo vesta i 2 ferri.

161. Queste correnti producono le contrazioni della rana e tutti gli effetti delle altre correnti el.e. Le analisi, e. g. dell' *Aq* acidula, si fanno ponendo 2 brevi conduttori, *c c'* applicati all'apparatino (Fig. 54), ne' fori *a*, *e*, toltone prima il ponticello. Se la corrente è semplice l' O e l' H vanno separati ciascuno al suo tubetto: se è doppia ciascuno dee andare alternamente in uno e nell' altro, e si confondono.

Per sentire le scosse, si fa uso di 2 conduttori di filo di rame piuttosto grosso terminati da impugnature di metallo che stringonsi colle due mani bagnate con acqua. L' estremità d'un conduttore peschi in *a* (Fig. 53) o in *e*, quella dell' altro in *n*. La corrente scintillante, semplice o doppia, passa pel ponticello *ae*, e un' altra corrente doppia penetra le mani che stringono l' impugnature e le scuote continuamente e non di rado la scossa si estende alle braccia. Se i due conduttori, invece del ponticello, pescano in *a* e in *e*, la corrente passa soltanto per la persona, e manca la scossa; ma può provarsi qualche sensazione nella lingua stretta fra quelli.

Si ottiene facilmente da queste correnti la scintilla sott' acqua a contatto del mercurio (§ 103). Si arroventano con esse i fili o nastri sottilissimi di platino e questi anche si fondono. Si fa deviar fortemente l' ago del roometro, si dà virtù magnetica passeggiera al *Fe* dolce, e durevole all' acciaio. Possono osservarsi le attrazioni e repulsioni della cal.ª sulla corrente (§ 141), facendo passare le nostre correnti *d'induzione* per un conduttorino mobile, e l'azion mutua tra le correnti (§ 132), facendo che quello scorra eziandio per un' altro conduttore che si tiene in mano; ed è da credere che con forte apparato tutte potrebbono ripetersi l' esperienze descritte ne' *3* capi preceduti.

162. Mentre la corrente che passa pel ponticello scintilla vivamente e può con essa accendersi una lucernetta a etere o bruciare un foglietto d' oro, l' el.° può correr pure ne' fili del roometro, terminanti in *e* e in *n* e deviar l'ago fortemente, e insieme nei conduttori destinati alla commozione e per essi nelle mani. Così effetti magnetici, elettrici luminosi e calorifici si producono a un tempo per la presenza d'una calamita! Qual complicazione di fenomeni, chi voglia ricorrere per ciascun genere d'essi a un diverso fluido imponderabile!

163. È assai notabile che la scossa si senta, appunto perchè gran parte dell'el.° passa per altre vie assai migliori, appunto perchè la corrente scintillante passa non indebolita pel ponticello metallico, e non sia minore se corre l' el.° per una terza via tutta metallica cioè pe'fili del roometro moltiplicatore; che la scintilla, malgrado il correre dell' el.° per queste nuove vie, punto non s' indebolisca, mentre assai s'indebolisce o manca affatto se, invece della via del lungo e sottil filo del moltiplicatore, s'apra all' el.° la via più commoda d' un filo di rame più corto o più grosso. In questi casi l' el.° preferisce questa via a quella breve ma interrotta. Ma non preferendola a quella del moltiplicatore, nè a quella del corpo umano, come sono in questi le correnti? A ciò spiegare, e comprendere come, quanto è più valida la corrente scintillante, tanto più sia forte la corrente secondaria che scuote e può passare anche per quattro persone, si supponga che questa corrente (e così una terza che passa pel roometro) sia, almeno per la massima parte, *indotta* non immediatamente dalla cal.ª ma dalla prima *corrente indotta*, in altri termini, sia corrente *di seconda induzione*. Sembra dunque che la corrente indotta dalla cal.ª possa attuare altri conduttori, cioè *indurre* una o più correnti, e abba-

stanza energiche se il circuito della prima si apra scintillando. Queste correnti si destano ne' conduttori che comunicano col conduttore scintillante, ma restano chiusi, non s' aprono in un con esso (*a*).

164. Il prof. Zantedeschi ha modificato la macchina magnetelettrica (Fig. 53) da noi descritta. Toglie il disco *d*, e fa che ciascuno de' congiungimenti de' 2 fili (§ 158) si saldi a una doppia appendice con due punte, comunicante ciascuna con una delle 2 correnti escente ed entrante, e ciascuna risponda a una vaschetta con entro mercurio; in modo che l' el.° entri sempre nella medesima vaschetta e sempre esca dell' altra, e perciò, senza che perdasi la metà delle correnti, vadano esse correnti sempre in una direzione, il che è opportuno per le indicazioni del reometro, pel calamitare del *Fe* dolce e dell' acciaio, e per aver separati i prodotti dell' analisi (*b*). Noi abbiamo aggiunto alle due *a*, *b* (Fig. 55) una terza vaschetta *c*, ed una terza doppia appendice con 2 punte, mercè la quale va eziandio sempre in un verso la corrente, che ho detto *di seconda induzione*, la quale nella macchina descritta, andava sempre necessariamente (prima di questa modificazione) in due versi contrari.

165. Il ch. Marianini (*c*) ha trovato col suo *re-elettrometro* (§ 123) che *1* la corrente istantanea della boccia di Leida o del quadro magico induce una corrente istantanea in un conduttore metallico formante un circolo chiuso, a cui passa vicino, e ciò anche quando la scarica passa per un conduttore lunghissimo e non tutto metallico, ma in parte acqueo, ovvero il conduttore *attuato* non è metallico: *2*. questa corrente indotta può eccitare in altro conduttore una corrente di seconda induzione, e questa una di terza ec. *3*. la corrente indotta va nel conduttore *attuato* nello stesso verso della corrente inducente, se la boccia ha assai di capacità e di carica: se quella o questa è scarsa o l' el.° passa per cattivo conduttore, va in verso opposto: *4*. anche le semplici scintille del conduttor della macchina *inducono* delle correnti.

166. Faraday ha provato che la corrente el.ª, la quale percorre un filo metallico abbastanza lungo; all' aprirsi del circolo *induce* una corrente in un secondo conduttore comunicante colla corrente induttrice, che tal conduttore può esser la lingua o il corpo dell' uomo, il quale impugna le appendici metalliche; che i fili corti sono inetti a ciò, e i lunghi assai più atti se ravvolti in elice: talora con uno di questi men lungo s' ha più effetto che uno più lungo se questo non è avvolto in elice o non lo è che in parte. Accresce gli effetti di questa *estracorrente*, come ei la chiama, un *Fe* dolce collocato nell' elice. La corrente di seconda induzione del n.° 163 è un *estracorrente*. Con pila di pochi elementi, o d' un solo, si ottengono, oltre i consueti effetti della corrente, scosse fortissime, una serie delle quali uccide un' animale (un gatto) in 4' o 5' sol che i fili congiuntivi sieno lunghissimi e avvolti in elice, e un d' essi termini in una ruota dentata, mercè il cui rapido girare s' apra e chiuda il circuito assai volte in un secondo (*d*).

167. Coll' esposte leggi si spiega il *magnetismo* di rotazione scoperto da Arago. Un ago calamitato che fa un certo numero d' oscillazioni in un dato tempo, ne fa assai meno sopra un disco di rame, d' ottone, d' argento. Fanno analogo effetto gli altri metalli e ancora, ma minore, altri corpi, anche fluidi. Un veloce moto dato a un disco metallico devia l' ago orizzontale, più o meno, secondo la natura-

(*a*) Giorn. Arcad. *T-LXIX*. *p*. *257*. *Dicembre* *1836*.

(*b*) Saggi dell' elettro-magnetico *ec*. *p*. *129*, *153*. Ven. *1839*.

(*c*) Memorie di fis. sperim. . . . *fascic*. *1*, *p*. *51*. Correnti per induzione Leida-elettrica-*V*. *Riess* Ann. de Ch. et Ph. *LXXV*, *158*.

(*d*) *Masson*. Ann. de ch. et ph. *LXVI*. *5*.

e la velocità del disco. L'ago verticale è respinto dal disco rotante. Se il piano di rotaziona dell'ago verticale passi pel centro del disco, conducendolo lungo un raggio, la punta dell'ago può rispondere a ciascun punto del raggio, o dal suo prolungamento: se cade fuori del disco, è rispinta lungi dal centro di questo: la ripulsione scema a misura che l'ago s'appressa al centro; a certa distanza è nulla, si cambia poi in attrazione che torna nulla al centro. Un solenoida è deviato come l'ago magnetico (Ampère). Essendosi estratta dai dischi rotanti el.à capace di deviar l'ago (Faraday, Nobili e Antinori) non è più dubbio che questi fenomeni debbon ripetersi da correnti *indotte* dall'ago o dal solenoide nelle parti del disco a cui s'avvicina, o da cui s'allontana; quantunque non tutti sieno d'accordo sul modo con cui le correnti d'induzione producono i *fenomeni di rolazione* (*a*).

168. Scoprì Lebaillif che l'antimonio e il bismuto respingono si l'uno che l'altro polo d'un ago calamitato leggerissimo e mobilissimo.

Ciò può ora spiegarsi colla corrente che pare *indursi* dall'ago in questi metalli (contraria all'induttrici, che nell'ago supponiamo) mentre avvicinansi ad esso. Rimane a cercara perchè solo in essi si destino correnti sensibili in questa circostanza. Sappiamo almeno che questi due metalli di particolare struttura cristallina presentano delle singolarità, eziandio nei fenomeni, a' quali ora passiamo (*b*).

CAPO XXI.

Delle Correnti Termelettriche.

169. Sono queste le correnti el.e suscitate dalla diversità di temperatura. Trovò il Volta che due porzioni d'uno stesso metallo, inette a scuoter la rana, acquistavano tal virtù, se solo una d'esse scaldavasi. Col mezzo dell'ago calamitato Seebeck trovò i *circuiti termelettrici* tutti solidi o le correnti che si chiamano *stereoelettriche*, a distinzione delle voltiane, che sono *idroelettriche*. Le *pile termelettriche* sono composte solo di metalli diversi: ma si desta la corrente el.a anche in un circuito di un sol metallo nelle sue parti diversamente caldo. Cominciamo da queste correnti.

170. Si scaldi alla fiamma d'una candela uno de' capi filo di rame del roometro: si tocchi con questo velocemente l'altro capo non riscaldato: l'ago indica una corrente dalla parte calda alla fredda: sostituendo al rame bismuto o platino o oro o argento o piombo o stagno, s'ha lo stesso effetto, più forte nel bismuto, assai debole nel piombo e nello stagno: lo zinco, il ferro, e l'antimonio danno per contrario una corrente, che va dalla parte fredda alla calda (Nobili). I solfuri di piombo e di rame si comportano come i primi; il solfuro di ferro come i secondi (Fox). Se l'estremità de' fili o lamine metalliche, in luogo di toccarsi, sieno immerse in due vasellini di mercurio puro uniti da un sifone pieno di mercurio, la corrente va dall'estremità fredda alla calda pel mercurio, e però dalla calda alla fredda nel roometro, in tutti i metalli (fuor solamente il bismuto) e nel carbone (*c*). L'amalgama di 5 parti di bismuto e una di mercurio, solido e cristallino, ha gran poter termelettrico: questo, un'amalgama analoga d'antimonio, e il bismuto o l'antimonio fusi sono inerti: all'istante che formasi la crosta solida, appaiono forti correnti: ciò non s'osserva nel consolidarsi dello zinco, del-

(*a*) *Si veda in particolare Nobili. Mem. Vol. I. p. 255.* Teoria fisica delle induzioni elettrodinamiche.

(*b*) *I. F-C. IV. C. XXVIII.*

(*c*) *Matteucci* Bi. Univ. *1837.* Nov. *p. 211 — 1838.* Janv. *p. 199.* Déc. *p. 353— Zantedeschi.* Ricerche sul termoelettricismo *ec.*

lo stagno o del piombo (Matteucci, De la Rive).

I metalli posson disporsi in quest'ordine rispetto alla virtù termelettrica: bismuto, antimonio, zinco, argento, platino, rame, ottone, oro, stagno, piombo (Yelin). Può essere che l'ordine varî secondo le diverse temperature, e la purezza del metallo.

171. Non pare che debbano destarsi queste correnti in un circuito d'un sol metallo se il cal.° può del pari diffondersi di quà e di là dalla parte riscaldata, e anche meno nelle semplici barre o masse coniche o cilindriche. Tuttavia si sono osservate nel bismuto e nell'antimonio, e si sono in essi osservati punti e linee *neutre*, cioè che scaldate non destano corrente, mentre le parti poste di quà e di là da questi punti, le destano in verso contrario (Sturgeon). Tutto indica che le correnti delle masse d'antimonio o bismuto inegualmente scaldate, son dovute allo stato cristallino delle loro molecule: se a que' metalli s'aggiunga un poco di stagno per togliere ad essi la loro struttura cristallina, perdono insieme questa proprietà. Si assicura che ancora negli altri metalli possono osservarsi analoghi fenomeni, se sieno in masse più o meno considerabili.

Le correnti termelettriche si destano eziandio ne' conduttori di seconda classe. Sieno due cilindri d'argilla alquanto pastosa. Ad uno si aguzza un poco la punta e si scalda finchè cominci a farsi rovente: s'adduce la punta a contatto dell'altro cilindro, facendolo penetrare un poco, ad accrescere i punti di contatto: se amendue comunicano co' fili del reometro, l'ago manifesta una corrente della calda alla fredda (Nobili).

Ai reometri destinati alle correnti termelettriche conviene un filo un poco più grosso e men lungo di quelli destinati alle correnti idroelettriche. Potendosi quelle riguardare come correnti di tensione debolissima, è d'uopo scemare gl'impedimenti che sono la troppa sottigliezza e lunghezza de' fili.

172. Sia un circuito chiuso formato da 2 metalli saldati insieme, e. g. un rettangolo, una cui metà sia antimonio e l'altra bismuto (Fig. 56). Riscaldisi sola una saldatura; e l'altra, se si vuole effetto maggiore, raffreddisi: si ha una corrente che nella parte scaldata va dall'antimonio al bismuto. Queste sostanze sogliono preferirsi, perchè danno effetti maggiori. Secondo Becquerel, i metalli così si dispongono, cominciando da quello che nella parte calda riceve da tutti gli altri: bismuto, platino, piombo stagno, rame, oro, argento, zinco, ferro, antimonio. Cumming a' due primi frappone il mercurio e il niccolo e distribuisce alquanto diversamente gli intermedî.

Si fanno delle *pile termelettriche* di più coppie, e. g. de' rettangoli di 2 coppie, degli esagoni di *3* e ancó degli apparati di 20 o più, scaldando alternamente una saldatura e non la vicina, o riducendo questa a 0°, ch'è come scaldar l'altra. L'effetto cresce col numero delle coppie, ma però non esattamente in ragion diretta di questo, specialmente se le barre metalliche sono un poco lunghe.

173. Il deviar dell'ago non è il solo effetto delle correnti termelettriche. Producono la contrazione della rana. Vedo attratto e cacciato dalla cal.° un conduttorino mobile, per cui passa la corrente della pila termelettrica. Se l'apparato termelettrico è abbastanza leggiero e sospeso, può essere attratto dalla cal.° o anche posto in moto di rotazione (Cumming, Marsh). Il cav. Antinori e poscia il p. Linari ottennero la scintilla dalla pila termelettrica, mentre s'apriva il circuito, chiuso da assai lunga spirale metallica che avvolgea un pezzo di *Fe* dolce. Il secondo usava una pila di 25 elementi: osservò che, se la lunghezza del filo era mediocre, la scintilla di rado appariva e, se mino-

re di 8 poll., mancava. Si vede che alla corrente immediata termelettrica, si aggiungeva l' *estracorrente* indotta (166). I medesimi, e prima di essi il prof. Botto (conducendo la corrente termelettrica per poco liquore) ottennero le analisi chimiche; come pure, con circuito tutto metallico, magnetizzavano l'acciaio e, a tempo, il *Fe* dolce. In una parola, sono queste vere correnti el.e e producono tutti gli effetti delle correnti el.e di debol tensione.

174. Becquerel, per misurare gli alti gradi di calore, formò un *termometro termelettrico* con fili di platino e di palladio messi in comunicazione con un reometro moltiplicatore. Pouillet ha immaginato un *pirometro magnetico* con un circuito termelettrico formato d' un tubo di *Fe* e due fili di platino.

Il Nobili pensò a impiegare il termelettricismo alla costruzione d' un *termoscopio elettrico* più sensitivo del termoscopio *di contatto* di Fourier, ch'è un termometro ordinario attorno a cui si lega un sacchetto di pelle flessibile pieno di mercurio. Consiste in una scatola di legno (Fig. 57) MM che contiene una pila di un certo numero (o. g. 16 o 25) di coppie bismuto-antimonio: le asticelle metalliche sono verticali e le saldature sono alternamente nell' estremità superiore scoperta AB e nell' inferiore sepolta nel mastice che arriva all' orlo della scatola: *p*, *n* sono orecchie esterne comunicanti co' poli della pila: *n' p'* sono conduttorini che congiungendo la pila al reometro, la fanno divenire *termomoltiplicatore* (*a*). Quanto più la superficie libera si riscalda (o si raffredda) tanto più forte la corrente el.e si desta e passa nel reometro e più devia l'ago di questo, ch'è l'*indice* dell' apparato.

175. Questo strumento, superiore a ogni altro termometro *di contatto*, non era del pari squisito pel cal.° radiante. Il ch. Melloni presto s' avvide di ciò, e a tal uopo sostituì una pila di un maggior numero di coppie, e. g. 32, bismuto-antimonio, in asticelle più che si può sottili, e isolate in tutta la loro lunghezza da strisce di carta, fuorchè alle estremità, ov'è la saldatura: si fissa per lo mezzo con un anello metallico, in modo che le estremità e gran parte del resto sieno al tutto libere, e tutto ciò ch' è libero cuopre con nero di fumo: applica a ciascun de' due capi un tubo cilindrico o un riflettore conico, secondochè vuol misurare l'azione di un fascetto di raggi a un dipresso paralleli, o raccogliere il cal.° divergente che viene dallo mura d' una camera o da altra ampia superficie lontana. È utile che la sezione trasversale della pila sia piccola (o. g. del diametro di 8 linee), e non lo è meno che tutto in essa sia eguale a' due capi, acciocchè le variazioni di temperatura dell'aria comunicandosi con pari celerità ad ambedue, non destino un' altra corrente turbatrice di quella che si esplora. È bene che nel reometro di questo apparato le oscillazioni sieđ rallentate, perchè l' ago presto riprenda la sua situazione d'equilibrio: ciò si ottiene ponendo un disco di rame (§ 167) sotto il cerchio graduato (*b*). Questo apparato (le cui indicazioni si sono più volte osservate conformi a quelle del termoscopio ad aria) si è da noi accennato nel L. III § 106, come il miglior mezzo per lo studio del cal.° radiante e con cui tante verità si sono scoperte in questi ultimi anni.

176. I fenomeni delle pile termelettriche si spiegano in gran parte dalle correnti che destansi fra le porzioni diversamente calde d' un metallo. Nel rettangolo antimonio-bismuto, l' el.° va da *f* a *c* nel primo, da *c* ad *f* nel bismuto e queste correnti cospirano all' effetto: così ogniqual-

(*a*) *Nobili* Mem. *Vol. I. p.157, 160, Vol. II. p. 44.*

(*b*) *Melloni*. Ann. de Ch. et Ph. LIII, 23 — LXI, 377 — LXV, 43 — Mem. ec. di L. Nobili. Vol. I, 195.

volta in un metallo l'el.° va dal caldo al freddo, nell'altro dal freddo al caldo, ossia quello è, come si dice, *termelettrico* +ⁿ e l'altro —°; e questi circuiti sogliono riuscir più possenti. In quelli formati da due +ⁱ o da due —ⁱ la corrente più forte vincerà. Anche il principio voltiano dell'el.° suscitato nel contatto, se mal non mi appongo, sembra aver qualche parte in questi effetti. È vero che, secondo questa legge, sono eccitate due correnti opposte ma non eguali: poichè l'elevata temperatura altera e per lo più accresce la forza elettromotrice (Marianini); e può il cal.° accrescerla più in una coppia men forte che in una più energica. Questa forza ora aumenterà ora diminuirà quella risultante dalla somma o dalla differenza della virtù termelettrica de' due metalli; e nel secondo caso, se quella è debole, potrà per avventura vincerla. Se il piombo o lo stagno si accoppia col rame o coll'oro, la corrente (Fig. 58) va nella saldatura scaldata e da questo a quello (Becquerel, Cumming), e par che vinca la corrente termelettrica del piombo o dello stagno, benchè la forza termelettrica di questi siasi trovata minore di quella del rame e dell'oro (Yelin, Nobili). Si spiega ciò facilmente, se ammettiamo che la debol differenza fra le forze termelettriche è vinta dalla forza elettromotrice che vuole che l'oro e il rame diano allo stagno e al piombo.

177. Ho serbato a questo luogo un fatto, che mi sembra assai importante. Peltier scoprì che una corrente voltiana, che passa per due barre una di bismuto e una d'antimonio saldate insieme, produce, nella saldatura freddo, se va dal primo al secondo, e calore nell'altro caso. Lenz ha confermato questo fatto. Si prova col term.° ordinario, la cui palla si pone in un foro nel luogo della saldatura, e ancora col termomoltiplicatore. Lenz copri di neve a 0° le barre fuorchè nel luogo della saldatura: pose acqua nel foro indicato: il term.° in essa segnava 0°. Fè passare la corrente del bismuto all'antimonio e in 5' l'acqua s'aggelò, e il term.° segnò — 3°, 5 (a).

Si vede ora anche meglio perchè il circuito termelettrico bismuto-antimonio sia più efficace degli altri circuiti di due metalli: In quello la corrente (Fig. 56) accresce il calore della saldatura calda *c* e il freddo della fredda *f* e così cresce la differenza di temperatura.

Ma, s'io punto veggo, più importante conseguenza si trae dall'esposte esperienze.

La corrente ha facoltà riscaldante, anche quando passa dal bismuto all'antimonio; perciò il freddo che essa produce andando in tal verso è sempre minore del calore che genera andando nel verso opposto; per avere il freddo convien che l'elettromotore (si adopera il semplice) non sia assai forte: mentre si produce il freddo, il bismuto si riscalda e, se l'esperienza va a lungo, comunica il cal.° alla saldatura e ne inalza la temperatura. Certamente questa corrente riscaldante non accresce la capacità calorifica de' metalli; e certamente questo raffreddamento non si produce da evaporazione o liquefazione o dilatazione. Il raffreddamento suppone diminuzione di cal.° ma questo nel caso nostro a qual corpo si comunica? A niuno. Qual corpo lo sottrae? Niuno al certo. Se il cal.° è una sostanza, pare cosa assurda, che questa svanisca sotto l'azione di una cagione atta a destarla, tanto più che qui non saprebbe fingersi una neutralizzazione o combinazione di essa: se ha luogo l'ossidazione, questa produce, non distrugge, il calore. Solo nel sistema del moto vibratorio può concepirsi che una cagion calorifica in certi casi

(a) Bibl.-Un. *1838.* Octob. *p. 387.* *A questo fenomeno si accennava V. I. p. 123. N.ª*

produca raffreddamento, come in certi casi la luce produce oscurità. A fissar le idee, immaginiamo che nelle saldature di questi metalli le vibrazioni o parte delle vibrazioni, che costituiscono il cal.° sieno moti circolari o ellittici tutti in omologa direzione, e. g. normali alla sezione trasversale e andanti dalla circonferenza verso il centro, moti, dico, o dell' etere (che può non esser diverso dall' el.°) o delle molecule, o di queste e di quello. Se porzione della corrente che viene dall' antimonio tende appunto a produrre tali piccole curve nel medesimo verso, siamo in dritto di supporre che venendo dal bismuto le produrrà in verso opposto: nel primo caso il calore sarà aumentato, e nel secondo diminuito pel distruggersi o indebolirsi di certi movimenti calorifici da moti contrari. Comunque siasi, qui il calore è distrutto da una azion calorifica: una sorgente di calorico aumenta la temperatura in una parte del conduttore e la diminuisce nell' altra; fenomeno sommamente analogo, benchè ora non si tratti di raggi, all' interferenza della luce.

178. Dalle cose esposte consegue che la diversa temperatura può influir ne' fenomeni el.i tributi o solo al contatto o alle chimiche azioni. Ma saria un andare più in là de' fatti il volerli tutti, senza più, effetti termelettrici. In molti casi o non v'è differenza di temperatura, o v' è, ma tale da produrre effetti opposti a que' che si osservano. Non ho trovato mutazione di sapore, quando chiudendo la lingua fra zinco o argento, questo era riscaldato. Ossidandosi il rame e non lo zinco per la diversa natura de' liquori in cui pescano, il rame s' è veduto *dare* al solito, benchè senza dubbio fosse più caldo (Berzelius). Comunicando l'*Aq*. calda d'un vaso colla fredda d'un altro per una carta bagnata, la corrente va alla calda o alla fredda, secondochè il metallo +° pesca in questa o in quella (Marianini).

CAPO XXII.

Di alcune altre Osservazioni Magnetiche.

179. Fra le molte cose che, prima di venire agli effetti fisiologici e chimici della corrente, resterebbero a dire del magnetismo o di oggetti analoghi, ne raccolgo alcune poche in questo capo.

Da lungo tempo è noto che l'elevata temperatura diminuisce e arrivando a un certo segno distrugge la virtù magnetica delle calamite naturali o artificiali (Kircher, Cabeo, Saussure): ciò si è confermato a' dì nostri con molte accurate indagini (Coulomb, Kupffer, Christie, Matteucci). Calando la temperatura, cresce la forza delle calamite.

180. Non per questo diremo in generale che il cal.° è nemico del magnetismo. La virtù magnetica del *Fe* non calamitato cresce anzi pel calore, se questo non sia eccessivo (Kupffer, Christie). Il p. Kircher scrisse che il *Fe* rovente è tirato dalla cal.a non meno che il freddo. Ma avendo poscia Neuton scritto l' opposto, la cosa restava dubbia. Tib. Cavallo osservò che il *Fe* a calor rosso opera sulla cal.a più del *Fe* freddo, ma meno al calore rosso-bianco. Scoresby osservò lo stesso. Barsow esaminò la forza magnetica di più qualità di *Fe* o acciaio, e quindi le scaldò fino al rosso-bianco. Il *Fe* fuso che aveva il potere più debole alla temperatura ordinaria, fu il più forte a rosso-bianco: il *Fe* malleabile, ch'era il più forte, divenne il più debole ad alta temperatura e perdeva ogni azione scaldato *al bianco*. Questa azione è per contrario fortissima al calore *rosso di sangue*. Faraday ha sperimentato che il niccolo perde le sue proprietà magnetiche ad assai meno alta temperatura, che il *Fe*. Elevando gradatamente la temperatura dell' acciaio calamitato, trovò che

giunta a pena al punto dell' ebollizione dell' olio di mandorle, perdeva quasi a un tratto la sua polarità e operava sulla cal.ª come il *Fe* dolce: inalzandola poi a un tratto al calor arancio perdeva eziandio questa facoltà. Lo stesso vedeva ne' frammenti assai vigorosi d' una cal.ª naturale, fuor solamente che questi perdevano più tardi la polarità, che non pareva indebolita alla temperatura dell' olio bollente.

Da questi fatti non conseguita che il calore come tale sia assolutamente contrario al magnetismo. Ove ciò fosse, non crescerebbe colla temperatura, fino a un certo termine, la forza magnetica del *Fe* dolce sottoposto all' azione della terra o della cal.ª. Pare più tosto che l'alta temperatura, se troppo non dilata, *per se* più tosto giovi al magnetismo, ma non alla forza coercitiva (§ 117): accresce di fatto il vigore del *Fe* dolce reso magnetico a tempo dalle correnti el.ᵉ. I metalli non si scaldano senza rarefarsi e avvicinarsi più o meno allo stato di liquidità, stato affatto contrario al magnetismo. Quando il *Fe* s' avvicina a questo stato, prima o poi, secondo la qualità, perde la forza coercitiva, e vieppiù ad esso avvicinandosi cessa ogni azione magnetica, la quale sembra esigere assai perfetta solidità.

181. Si è creduto che il cobalto fosse per se magnetico, come lo sono il *Fe* e, a grado minore, il niccolo: ma Faraday trova che, se è purissimo, non è magnetico, e che quando esso o il cromo si mostran tali, debbono ciò a molecule di *Fe* o niccolo, che l' analisi rivela. Nè ha trovato tal virtù nell' antimonio, nel rame, nel platino e negli altri metalli esplorati a temperatura o ordinaria o bassa o bassissima.

L' arsenico e anche più l' antimonio congiunti al *Fe* gli tolgono la virtù magnetica. Per contrario il manganese e il bismuto sembrano avvivarla, perciocchè picciolissima quantità di *Fe* basta a farli comparire magnetici. Lo stesso probabilmente hassi a dire del cromo e del titanio, che si sono creduti forniti di debole virtù magnetica. Così pochissimo *Fe* o niccolo unito al cobalto ha fatto ammettere in questo la virtù magnetica.

182. Il medesimo pare che possa dirsi dell' ottone e del bronzo: poichè in queste leghe assai spesso si osserva con gran facilità la forza magnetica, benchè affatto accidentale e sovente scarsissimo sia il *Fe* che contengono, e benchè, ciò ch' è da notare, simil virtù non si osservi ne' loro componenti, rame, zinco e stagno, o nel piombo, che talvolta si trova nell' analisi dell' ottone. È vero che può aversi talora indizio di magnetismo in questi metalli, in ispecie nel rame, come s'è osservato ne' roometri: ma questi indizi tenuissimi (e non mai di poli permanenti) non sono affatto comparabili a quei dell' ottone e del bronzo. Molti pezzi di queste leghe, che operano sull' ago calamitato, prendono assai facilmente i poli magnetici, quantunque di debol forza, per mezzo di poche strisciate d' una mediocre cal.ª, e li conservano anche per anni, benchè il poco *Fe* ch' è in queste leghe debba essere a stato metallico. Pare che da ciò consegua che le molecule di esse leghe (piuttosto che quelle de' loro elementi) danno al *Fe* una forza coercitiva, che per se non avrebbe, come l' O e il carbonio (§ 118) e così alle molecule del *Fe* o del niccolo la danno quelle del cobalto.

Ma ciò non ispiega come pochissimo *Fe* misto a queste sostanze metalliche (allora eziandio che non ha prima ricevuto alcuna virtù magnetica dalla calamita) produca effetti che non produce misto con altre sostanze anche in maggior copia. Non sembra impossibile che le molecule composte dell' ottone e del bronzo e quelle riputate semplici del cobalto, e ancora del cromo, del manganese, del bismuto e del titanio, sentano non diretta e immediata l'azione della calamita, ma solo mediante le molecu-

le di *Fe* fra esse disseminate; che sieno, non magnetiche per se, ma sì magnetizzabili da tale interno agente, tostochè esso ha ricevuto il magnetismo: hanno forse tal proprietà in grado assai inferiore il rame e altri metalli. Possono alcune sostanze metalliche ricevere dal *Fe*, cui sono congiunte, una partecipazione di sua virtù, e per avventura mantener questa in vigore, reagendo sulle particelle di *Fe*, a un dipresso come la cal.ª dà all'ancora di *Fe* dolce la sua virtù, e il reagir di questa mantiene il vigore della cal.ª. Come l'acciaio mostra tal virtù solo per essere stato sottomesso all' influenza della cal.ª, e il *Fe* dolce soltanto se vi è sottomesso attualmente, così è possibile che altre sostanze non mostrino tal potere, salvo se soffrano l'influenza di molecule di *Fe*, o a tempo o stabilmente magnetizzato, e in esse racchiuso.

183. Nell' acciaio e nel *Fe* martellato i 2 poli sono collocati presso le estremità della lunghezza ossia della maggior dimensione, che però la linea che congiunge i poli è l'asse di queste cal.ᵉ artificiali. Applicate ai poli d' una cal.ª armata, o d' una cal.ª artificiale a ferro da cavallo due come scarpette di *Fe* dolce, terminate, ne' lati che si guardano, in acuti spigoli: stringete fra queste una piastrina rettangolare d'acciaio nel verso della sua larghezza, circa *8* volte minore della lunghezza, e uguale alla distanza d' essi spigoli: fra questi fate più volte strisciare la piastrina. Acquisterà facilmente i poli, esteso ciascuno per un do' due spigoli laterali (§ 129). Fate strisciar la piastrina fra poli dal suo mezzo a un de' capi: indi rovesciando i poli, fate lo stesso nell' altra metà: potrete avere in essa quattro poli (Fig. 59). L' acciaio così calamitato serba la disposizione a magnetizzarsi nel modo consueto. Non è riuscito finora di fissare i 2 poli nelle 2 superficie, superiore e inferiore, d' una piastra di *Fe* o d' acciaio.

184. Per opposito le piastre di ottone di forma allungata e più o men simile a quella che suol darsi agli aghi da bussola, se hanno azione non minima sull' ago, facilmente acquistano poli stabili, strisciando su d' esse col polo d' una cal.ª come si fa nell' acciaio; e i poli si trovano non alle estremità della lunghezza, bensì a quelle della minor dimensione, ossia se ha strisciato e. g. il polo N sulla superior superficie, si trova il polo S diffuso su quella, e il polo N sull'inferiore. Strisciando sopra una superficie dal mezzo a un de' capi il polo N, e il S pure dal mezzo all' altro capo, si ottengono *4* poli, 2 sopra e 2 sotto: è manifesto che possono ottenersene *6* o più. Lo stesso è dol bronzo. Capitatomi alle mani un anelletto antico di bronzo, di sette facce, vidi che attraeva assai bene l'ago magnetico. Alternamente strisciando co' poli d' una cal.ª sulle *7* faccette, si formò un polo in ciascuna dello esterno e l' opposto nell' interna corrispondente. Non è impossibile ottenere i poli magnetici alle estremità d' un breve ago romboidale d' ottone o in uno alquanto lungo, ma stretto e sottile: il caso per altro ordinario, nelle comuni piastre d' ottone, è quello de' poli diffusi sulle 2 superficie.

Becquerel, facendo passare la corrente el.ª per vari cerchi di filo metallico attorno ad aghetti di legno, di gomma lacca o d'altre sostanze, vedeva queste collocarsi nel piano dei cerchi, non già nella direzione dell'asse di questi, come l'ago d' acciaio. Il medesimo or ad una, ora a due poderosissime barre magnetiche avvicinando de' cartoccini di carta pieni di un mescuglio di deutossido e di triossido di *Fe*, o solo di questo, e anche degli aghi di legno o di gomma lacca, vedeva degli effetti, che presentavano qualche varietà, ma differivano da quc' dell' acciaio, poichè l'asse de'poli magnetici indotti per lo più non era la lunghezza, e non mai usando una sola barra. Nel deutossido misto al triossido di *Fe* osservò il *magnetismo trasversale* permanente per qualche

tempo. In tutte le altre sperienze non durò più della forza induttrice.

Sembra che possiamo concludere, che i corpi capaci di gran forza magnetica tendono ad acquistare i poli secondo la maggior dimensione, e secondo la minore quelli capaci solo di debol forza.

185. Coulomb ed altri ha osservato delle deboli azioni di calamite assai forti su i vari solidi metallici e non metallici. Questa si spiega supponendo tutte le sostanze sperimentate o capaci per se di qualche debole azione magnetica, o contenenti delle particolette di *Fe* o di niccolo.

Le sperienze di Hansteen sembran provare che tutti gli oggetti situati alla superficie della terra godano di qualche polarità magnetica. Secondo lui, l'ago calamitato presso terra fa più oscillazioni al lato N che al lato S d'un oggetto, e. g. d'un albero o d' un muro, e al lato S dell' estremità superiore oscilla più veloce che al N. Da ciò, secondo esso, consegue che tali corpi hanno un polo N al basso e un polo S in alto.

186. Il fu prof. Morichini osservò il calamitarsi degli aghi d'acciaio esposti per qualche tempo alla porzione più rifratta dello spettro solare e principalmente al lembo estremo del raggio violetto. Le sue sperienze ripetute dal prof. Carpi e da altri, sono state dipoi confermate da quella della signora Somerville, del prof. Zantedeschi (*a*), e del prof. Cassola (*b*). Quelle di altri non hanno avuto pari esito, e. g. quelle del prof. Configliachi e le più recenti di Riess e Moser (*c*). Rimane a trovare la cagione di tali discrepanze.

187. Hanno con queste una certa relazione le seguenti sperienze. Sieno due piastre di rame o di stagno eguali e però inette a scuoter la rana, si fa cadere il raggio violetto dello spettro solare sopra una e il rosso sull' altra: la rana comunicante con ambedue s' è veduta scuotersi al chiudere del circuito metallico (Barlocci, Zantedeschi). Taluno ha pensato che questo possa essere senza più effetto della diversa temperatura prodotta da que' raggi. Altri trova possibile che i raggi rosso e violetto producano qualche passeggiera modificazione sulle superficiali molecule delle piastre, talchè queste, finchè sono sotto la loro influenza, rispetto all' elettricità, sieno come eterogenee. S' è detto che l' el.° viene dal sole in un colla luce e come la luce, o il raggio chimico, che l'accompagna e a cui potrebbero tribuirsi questi effetti: ma se i raggi altro non sono che movimenti dell'etere, non altro che analoghi movimenti, ossia passeggere modificazioni, potranno recare a' corpi terrestri.

CAPO XXIII.

Degli effetti fisiologici delle Correnti Elettriche.

188. Vengo agli effetti *fisiologici* della corrente, cioè alle sensazioni e alle scosse. Le sensazioni di luce e sapore ad occasione del contatto de' metalli (§ 68) sono anch' esse effetti della corrente.

Il sapore dura quanto il toccamento de' conduttori eterogenei. Il sapore acido si sente ancora, applicando l'apice della lingua al conduttore +.° della macchina el.ª o intingendola nell' *Aq* d' un vaso annesso; come si sente sapore assai diverso se il conduttore è—°: questo secondo sapore suol sentirsi meno del primo, e più facilmente manca.

Empita una tazza di stagno con liscivia discretamente forte, s'impugna la tazza colle mani bagnate d' *Aq*, e s' intinge l' apice della lingua nel liquore *alcalino*: in tal contatto sentesi sapor *acido*, e forte per alcuni istan-

(*a*) Sul termo-elettricismo e luci-magnetico . . . . *sez.* 4.ª e 5.ª

(*b*) Bibl. Ital. *1830* *T. LIX* *p. 129.*

(*c*) Ann. de ch. et phys. *XLII*, *304*.

ti: ma a mano a mano il sapore si altera e alla fine diviene *alcalino*. L'el.° va dallo stagno al liquore, entra per la lingua, eccita il sapor acido e torna per le mani al metallo. (Volta).

189. Senza esterna scintillazione si ha sensazione di luce ossia un lampicello, se portinsi a contatto due conduttori abbastanza distanti nella scala degli elettromotori, di un de' quali un capo sia in bocca mentre un capo dell' altro tocca il globo dell' occhio, anche per un corpo inzuppato nell' *Aq* tiepida. Si ha colla pila, tenendo con una mano bagnata un de' roofori e stringendo l'altro co' denti, o facendo toccar da questo la fronte, le gote o altra parte del volto o anche la gola bagnata. Questa sensazione non è permanente come quella del sapore: si ha nel chiudersi e spesso anche nell' aprirsi del circuito.

Non è facile intendere come sia eccitato il nervo ottico, non solo per la corrente copiosa della pila, ma ancora al contatto d'una lastrina di zinco con una d' argento, collocate una in bocca e l' altra entro il naso, ovvero ambedue in bocca una tra il labbro e la gengiva superiori, l'altra tra il labbro e la gengiva inferiori. In questo ultimo caso si ha il lampicello, benchè le due piastrine tocchino la lingua e sentasi il sapore, e però la corrente trovi e siegua un' altra via brevissima e assai buona. Potrebbe questa sensazione essere effetto d'una *corrente indotta*?

190. Il Volta, introdotti nelle orecchie i roofori d'una pila, dopo la scossa nella testa provata al chiudersi del circolo, restando questo chiuso, cominciò a sentire un suono o piuttosto un fragore nelle orecchie che continuò lo stesso finchè il circolo fu chiuso. La sensazione spiacevole, dice esso, e che io temeva pericolosa della scossa nel cervello, ha fatto sì che non abbia ripetuto più volte questa sperienza.

Non solo la pila, ma ancora 2 piastre metalliche, e. g. zinco e argento, bastano a eccitare sensazioni dolorose nelle piaghe o escoriazioni e in certe parti fornite di senso squisito, quali sono gli orli delle palpebre, specialmente verso l'angolo interno.

191. Più d'una volta abbiam dovuto mentovare le scosse, che riceve dall' el.° in moto, l'uomo, o la rana ec. È noto che questa si senta principalmente alle giunture e articolazioni, ove l'el.° s' addensa per vincere l' ostacolo opposto dall' interruzione delle ossa e da un poco di materia untuosa, che ivi trovasi.

Le contrazioni pel contatto di due metalli si osservano in tutti gli animali vertebrati. In quelli a sangue freddo (pesci e rettili) son più durevoli dopo la morte dell' animale: ad alcuni, e. g. lucertole e salamandre, convien prima togliere in parte la pelle. Si sono ancora osservate nelle membra umane amputate. Sono pure eccitabili da questa debole el.à i crostacei e gl' insetti propriamente detti nel loro stato perfetto. Più restii sono gl' insetti nello stato di *larve*, i testacei e i vermi propriamente detti: si sono per altro scossi con tal mezzo le mignatte e i lombrichi.

Inventata la pila, assai sperienze si fecero sulle teste di bue, sui cadaveri recenti umani ec. ma queste non differiscono in fondo da quelle che si fanno colle rane e con altri piccoli animali.

192. Benchè la scossa della pila soglia esser minore di quella della boccia di Leida, è per altro assai intensa se le coppie sieno in gran numero: e ciò dà maraviglia a chi pone mente alla debol tensione d'essa pila; ma si spiega colla gran copia di el.° ch' esce di essa (§ 84). La corrente della pila è durevole, perchè appena si scarica, si ricarica dappersè. Le scosse sono in ragione della copia dell' el.°, della tensione e della deferenza de' corpi interposti.

193. S' è accennata l' esperienza del Galvani (§ 66) della contrazione ottenuta ripiegando le gambe della rana sui nervi crurali. Fra questi e quella posson porsi altri animali o il corpo umano (Aldini).

Il Nobili empiva d'*Aq*, o piuttosto d'una soluzione salina, 2 tazze: poneva in una le gambe d'una rana preparata, nell'altra il tronco. Con un corpo bagnato chiudeva il circuito e la rana si contorceva. Sostituendo al corpo bagnato i fili metallici del reometro, l'ago deviando mostrava la *corrente della rana* andante dai muscoli ai nervi, ossia dalle gambe alle parti superiori; è opportuno che i fili del reometro sien lunghi, mentre è l'opposto nelle correnti termelettriche. Se il reometro non è ottimo o il liquore è *Aq* pura e un pò troppa, la rana si contrae, ma l'ago non gira. La rana si contrae per poco tempo (talora per altro per mezz'ora in circa) per l'azione di questa corrente: ma essa corrente continua a operare sul reometro per circa *3* ore; e l'azione sull'ago è maggiore se nel circolo sieno 2 o più rane nella stessa direzione. Si è sospettato, che queste correnti sieno termelettriche, ovvero prodotte da azioni chimiche dei conduttori: queste spiegazioni sono contrarie a' fatti, come ha mostrato il Matteucci (*a*).

Immergendo contemporaneamente una nel cervello, l'altra in qualche muscolo due lancette di platino congiunte co' capi del filo metallico del reometro, negli animali vivi a sangue caldo, si desta nell'atto della immersione una corrente che va nel filo dal cervello al muscolo. Correnti al tutto analoghe, ma notabilmente più deboli, si eccitano nell'animale morto, e anche quando cavata dall'animale una porzione di cervello e una di muscolo, e addotte a contatto, si toccano e premono colle stesse lancette (*b*).

194. Le scosse che proviamo, toccando colle due mani bagnate i reofori o immergendole in un liquido conduttore comunicante colle piastre estreme, si provano a ogni chiudersi del circuito, e allora si sentono delle punture, se un de' poli comunichi con qualche parte del volto assai sensitiva. Se il circuito resti chiuso per un certo tempo, dopo qualche momento nelle parti comunicanti co'poli si sente non una scossa, ma una sensazione spiacevole, un bruciore crescente, che talora si fa insoffribile. Questo è più intenso se una parte assai sensitiva è applicata al polo —.° che al +.° Quando il circuito si apre si prova spesso una scossa, come al chiuderlo, ma per lo più men forte (Volta).

195. Poste le rane a cavalcione di 2 bicchieri pieni d' *Aq*. collocati nel circuito el.°, osservava il Volta che, restando questo chiuso e continuando perciò la corrente per circa mezz' ora esse più non si scuotevano all' aprire o al chiudere del circuito. Ma invertendo la corrente, talchè l' el.° scendesse per la gamba per cui prima saliva, e per converso, ecco che scuotevansi col vigore di prima o anco maggiore a ogni aprirsi e chiudersi del circuito. In questa nuova disposizione la rana, dopo mezz'ora in circa, torna a perdere la sua virtù e poi per l' inversione la racquista, e può questa alternativa durare tutto un giorno o più ancora. A un dipresso lo stesso vedeva, sperimentando su due dita della mano. Il Marianini ha diligentemente studiato questo fenomeno (*c*). Se le piastre della pila sieno assai ampie, la rana perde presto ogni virtù, nè si osservano le alternative (Grimelli).

(*a*) *Nobili* Mem. *Vol. I. p. 67*. — *Matteucci* Bi. Univ. *1838*. Mai. *p. 157*.

(*b*) *V. le sperienze di F. Puccinotti e L. Pacinotti*, *il* rapporto *sulle medesime del prof. Belli* (Atti della prima riunione in Pisa *p. 51*) *e l'* Esperienze intorno alle correnti elettro—fisiologiche *di L.P. Fario e Fr. Zantedeschi*: Venezia *1840*. *Si veda ancora l'*Elettricità fisiologico-medica *di P.G. Grimelli*. Modena *1839*.

(*c*) Sopra il fenom. elettro-fisiologico delle alternative voltiane. Ann. delle scienze del *R*. Lomb. Ven. *1831*. *p. 203*, *241*.

196. Molto s' è studiata la scossa della rana o di altri animali nell'aprirsi o chiudersi del circuto voltiano. Dirò solo ciò che sembra risultare dalle indagini del Marianini, che si è occupato a questo fenomeno con singolare sagacità e pazienza (*a*).

Convien distiaguere le contrazioni prodotte dall' azioaedell' el.° sai muscoli, dette *idiopatiche* da quelle prodotte dall' azion sua si nervi, che presiedono a' moti de' muscoli, dette *simpatiche*. Le prime producosi dalla corrente, qualunqae sia la sua direzione. O l' el.° ha immediata azione sulla fibra muscolare o trova nel muscolo nervi diretti in ogni verso,

Quanto alle *simpatiche*, se la correate è *diretta* cioè vadall' origine del nervo all' estremità alle diramazioni, o almeno in quel verso, succede la scossa: questa mica, se la corrente è *inversa*, ossiae va in direzione opposta; purchè la corrente non sia troppo forte, ne qual caso sembra operare come stimolo meccanico e scuote *diretta* o *versa* che sia.

Se è diretta, si ha contrazione nel chiudersi del circuito vtiaao, non già nell' aprirsi di esso; eer l'opposito se la corrente è invers. Il Galvani osservò che un' elettricità debolissima produceva le contrazioni applicata al nervo, ma non già applicata al muscolo. Il Volta trovò scaricaado una boccettina di Leida debolissima pel nervo e muscolo de rana, che toccato il nervo coll' armatura +ª, bastava alla scossa una carica, ch'era meno di $\frac{1}{6}$ di quella che richiedevasi nel caso contrario. La contrazioae all' aprire del circuito maggiore, a pari circostanze; questo è stato chiuso per un certo tempo, almeno se l' el.° è alquanto spedito nello scorrere.

Ad altri è sembrato che mentre la rana si maatiene assai eccitabile, sempro contraggasi e per la corrente diretta e per l' inversa, sia al chiudersi sia all'aprirsi del circuito, e che la legge esposta sia vera soltanto a un certo grado di indebolita eccitabilità. Ma per avventara, quando ciò s' è osservato, se la corrente non era troppo energica, era imperfetto l' isolamento della rana, e ia questo caso vi sono più correati e il fenomeno è più complicato.

197. Se il tronco della rana, in luogo d' essere sosteauto da corpi isolaati, comunica colle gambe per ua conduttore assai buono, gli effetti, all' aprire e al chiudere, souo contrari.

Benchè le scosse all' aprir del circuito si mostrino opposte a quelle del chiudersi, noadimeno le prime non son da tribuirsi a ua riflusso della corrente nell' elettromotore. Niun indizio di riflusso si ha nelle sperienze del roometro, in quelle del sapore ec. Di più si contrae, benchè meno, la rana, e si scuotoao le dita dell' uomo, senza l' aprirsi del circuito, sol che si devii rapidamente l' el.°, offrendogli miglior conduttore in ua metallo. Così meatre passa per le nostre mani la correate prima della macchina magaetelettrica (§ 161) non atta a scuoterle, se la deviamo con un arco metallico, proviamo la scossa. Spesso si coatrae un muscolo al chiudêro del circuito e all'aprirlo se ne contrae un altro.

Sembrò al Marianini poter dedurre da alcuae sue sperienze, che la corrente inversa, e così il cessare della diretta, produca, in luogo della contrazione, una sensazione dolorosa.

198. Non pretendo spiegare questi e altri simili fenomeni che appartengono non solo alla fisica, ma aacora alla fisiologia. Le alternative del N.°

(*a*) Mem. sopra la scossa che provano gli animali... *Venez 1828* — Sopra le contrazioni muscolari... Ann. delle scienze... *1834, p. 32, 57 — 1835. p. 301.*

195, le sensazioni e contrazioni straordinarie che il Marianini osservava negli infermi, solo dopo un certo numero di scosse (a), e lo stato di contrazione e i palpiti che vedeva nella rana 25' o 30'' o più, dopo aperto il circuito, il *tetano* della rana (b) ec. sono fenomeni fisiologici e patologici. Io sarò contento a poche osservazioni.

Oltre le contrazioni *idiopatiche* e *simpatiche* è da por mente allo *consensuali*, che per mezzo di qualche *centro organico* (e. g. del midollo spinale) si compiono nella parte corrispondente simmetrica alla stimolata dall' el.° (Grimelli). Probabilmente è perciò che passando la corrente dal midollo a un piede della rana, l'altra gamba, che pende campata in aria, a ogni rinnovarsi del circolo si scuote e dondola.

Quando si provano frequenti e valide scosse dall' estracorrente per mezzo d' una ruota dentata, se la velocità di questa sia eccessiva, le scosse più non si sentono (Masson). Dunque queste sensazioni cessano, allorchè il numero delle scosse in un dato tempo giunge a un certo limite, che dipende dalla forza della corrente e dalla sensibilità dell' individuo. Questo fenomeno sembra analogo a ciò che si osserva in acustica, ove i suoni non sono più percettibili, se troppo frequenti succedansi le vibrazioni. A mio parere, ciò ne aiuta a intendere come il lampicello e le scosse, si provino senza più al cominciare, al cessare o all'alterarsi della corrente voltiana.

Le correnti d' induzione non sono per avventura da trascurarsi al tutto nello studio di questi fenomeni. Tali correnti facilmente si formano nel corpo animale: nè è d' uopo, almeno so parlasi della estracorrente secondaria (§ 163), che abbia prima percorso un lungo cammino. Chi sa quanto s' aggiri e si dirami in esso corpo animale? Ben con queste correnti, se mal non m'avviso, si spiega qualche fenomeno, e. g. l' inversione de' fenomeni della rana all' aprire e al chiudere del circuito (§ 197), se il tronco communichi co' piedi per un deferente assai buono. Con queste pure può per avventura spiegarsi la contrazione della gamba pendente, mentre l' el.° passa per l' altra.

Nè la natura di quest' opera nè i suoi ristretti confini mi consentono di più spaziare in queste indagini elettrofisiologiche.

CAPO XXIV.

De' Pesci elettrici.

199. Il serbato per ultimo il più mirabile de' fenomeni elettrofisiologici. Alcuni pesci hanno il potere di dare a piacere una scossa agli animali e rendere intormentita la mano di chi li tocca: più noti sono le torpedini, delle qual tre specie non sono rare presso le coste d' Italia o in altri mari d' Europa. Allorchè si vuol prenderle in mano, si riceve una scossa, alcune volte abbastanza forte e seguita talorada sensazion dolorosa nel braccio simile a quella che provasi, quando sbatte duramente il gomito. Scosse più veementi danno due pesci d' acqua dolce, viventi uno in America (il ginnoto), l' altro in Africa (il siluro). Altre specie di torpedini e qualche altro *pesce elettrico* si sono trovati ne' mari stranieri.

200. Trovata la boccia di Leida, si paragonò subito la scossa di questa a quella di pesci, la natura elettrica della quale fu resa probabilissima dall' osservare che si propaga assai bene pe' buoni conduttori dell' el.°, non già per la ceralacca o per altri coibenti. Dopo ciò l' organo particolare, a cui quei pesci debbono tale stupenda facoltà,

(a) Di alcune paralisi curate coll' el.à Ann. delle scienze *1833* § *17*.
(b) *Nobili* Mem. *Vol. 1. p. 153* — *Matteucci* Bi. Univ. *1838* Mai. *p. 188.*

si è chiamato *organo elettrico*. Walsh da molte sperienze dedusse che *l' el.à della torpedine si condensa nell' istante dell' esplosione per uno sforzo spontaneo dell' animale, che i suoi organi si caricano e si scaricano in istante*; da ciò dedusse che siccome l' el.° non è successivamente accumulato e trattenuto, come nei conduttori e ne' coibenti armati, così non è maraviglia che gli elettrometri toccando l' organo non diano alcun segno. Il p. Linari (*a*) attesta di avere ottenuto i segni elettrometrici, ma però dalla corrente, rotta a un tratto o, a così dire, carcerata in un ottimo elettrometro-condensatore. I semiconduttori e le interruzioni non affatto minime d' un conduttore metallico impediscono la scossa, come quella d' una gran batteria carica a debolissimo grado di tensione. Si ha spesso la scossa dalla torpedine, toccando solo la faccia superiore e forse più facilmente solo l' inferiore dell' organo (ch' è doppio, e si presenta alla superficie superiore e inferiore dell' animale) e ancora, se il pesce non è indebolito, toccando o un poco premendo altre parti della pelle, ma principalmente se toccansi a un tempo le due superficie superiore e inferiore dell' organo. E ora fuor di dubbio che di quest' arme si valgono i pesci elettrici a stordiro o uccidere gli altri abitatori delle acque. Questa scarica si dice essere un fenomeno volontario; non perchè il pesce diriga la scarica ove vuole, ma perchè allora soltanto scarica la sua arme che sente l' istinto di servirsene; e talora toccato da chi vuol provare la scossa, la nega.

201. La scintilla era stata osservata assai chiaramente nella scarica del ginnoto (Walsh, Poli, Fahlberg ec.). Ad altri ciò non era riuscito: però la cosa si poneva da alcuni in dubbio, specialmente rispetto alla torpedine: al presente non si ha per incerta nè per molto difficile. Il p. Linari ne ha ottenuto a piacere sia con brevi conduttori (de' quali uno pescava nel mercurio, l' altro si poneva vicinissimo al mercurio o si faceva che alternamente lo toccasse e se ne staccasse), sia con assai lunghi avvolti a spira, con entro un cilindro di *Fe* dolce, nel qual caso l' *estracorrente* si univa alla corrente primaria. Così dopo lui il Matteucci. L' uno e l' altro hanno osservato che la corrente della torpedine eccita calore. Il deviar dell' ago del reometro moltiplicatore mi è sembrato uno degli effetti più facili ad osservarsi. La corrente della torpedine produce le analisi chimiche, come le altre correnti e calamita l' acciaio (J. Davy, Linari, Matteucci). Facendola passare per un filo conduttore, di cui una parte è mobile, e l' altra può ad essa avvicinarsi a piacere, si è osservata qualche attrazione e repulsione fra le due parti. In una parola tutti gli effetti delle correnti el.° si trovano in quella lanciata dall' organo, di cui la Provvidenza ha armato questi deboli e nudi abitatori dell' acque.

202. Toccando il dorso e il ventre della torpedine, la corrente va da quello a questo, come indicano il reometro, il modo di calamitarsi degli aghi, le analisi (Becquerel, Nobili ec.) e, secondo il Linari, anche il condensatore: il Matteucci alle indicazioni del reometro ha unito quello della rana (secondo la legge del § 196): aggiunge egli che quantunque tutti i punti della parte dorsale dell' organo sieno + rispetto a quei della parte ventrale, tuttavia certe porzioni di ciascuna delle facce superiore e inferiore si trovano +° rispetto ad altro: ciò ancora risulta dalle sperienze di Colladon. Invero l' ago del reometro devia, quando ambedue i fili toccano la stessa superficie dell' organo.

(*a*) Supplemento al Giorn. l' Indicatore Sanese *13* Dec. *1836* — *28* Maggio *1838*.

203. L'*organo* della torpedine consiste in due corpi falcati, formato ciascuno d'un gran numero di tubetti (nelle grandi più di *1000*), paralleli, contigui, decrescenti verso l'esterno, appunto come le canne degli organi. La sostanza molle e mucosa che racchindono contiene, secondo J. Davy *92*, *72* e, secondo il Matteucci, *90*, *34* centesimi d'*Aq*. Questi organi, poveri di sangue, sono assai ricchi di nervi: nondimeno non sono sensitivi! Quei del ginnoto e del siluro sono analoghi: i primi son quattro, due maggiori e due minori. Il siluro ne ha un solo che lo cinge come un manto sotto la pelle: i tubetti son così stretti che presentano una reticella finissima, le cui maglie non distinguonsi senza lente (Hunter, Geoffroy S.t Hilaire).

204 Qual'è l'officio di questo organo? Desta esso veramente l'el.o? Certamente non lo eccita, come la macchina el.a nè come le pile termelettriche. Sarà essa una pila o un'ammasso di piccole pile? Questa fu l'ingegnosa ipotesi del Volta, seducente, malgrado le forti obblezioni cui va soggetta, ma fondata sulle descrizioni che facevano i tubetti della torpedine divisi da un gran numero di diaframmi, quasi minime pile a colonna. Le recenti osservazioni sugli organi della torpedine freschi, e non alterati nell'acqua bollente o nell'alcool, nulla di ciò hanno manifestato (J. Davy, Breschet), e anche meno negli altri pesci el.i Nulla in questi organi ce li fa credere eccitatori d'el.à.

205. Le scosse durano s'è estratto alla torpedine il cuore, ma cessano s'è tolto il cervello o ne è gravemente offeso *l'ultimo* o *quarto lobo*; o sono tagliati i nervi che penetrano nell'organo (Galvani Spallanzani, Matteucci, Linari). Sembra che dal cervello venga pe' nervi all'organo l'el.o e questo determini la scarica, come farebbe un'altra corrente el.a. Per altro non possiamo dire che l'organo nulla più sia d'un ordinario conduttore. Più verisimilmente lo diremo fornito della virtù di *condensare* l'el.o. Ma lo condensa al modo del condensatore del Volta e de'coibenti armati? La mancanza in esso d'un isolante, e l'assenza d'ogni segno elettrostatico escludono questa ipotesi. Nulla, pare a me, ci vieta di supporlo un *condensatore elettrodinamico*, a cui giungendo una debol corrente o porzione di essa, per l'*estracorrente* che si genera, si ha una poderosa corrente scintillante e scuotente (§ 166). Una debol corrente proveniente dal cervello non potrà invigorirsi aggirandosi pe' nervetti di que' tanti tubi, come quella d'una coppia voltiana ne' fili metallici avvolti a spira? Non è punto strano che l'el.o si desti nel cervello di questi e degli altri animali vertebrati. (§ 193). Oltre all'argomento d'esclusione, si avverta che l'el.o uscente d'una faccia dell'organo dee andare quasi tutto per la pelle del pesce zuppa, senza squamme, e spalmata d'una mucosità assai deferente o perdersi per l'acqua: senza ricorrere all'estracorrente, come dunque spiegare la corrente che scuote le membra d'una o più persone? L'el.à de' pesci mi pare più analoga a quella d'induzione che ad altra. Si manifesta con correnti atte a scuotere senza previa tensione. Molte assai rapide scosse dell'estracorrente producono una contrazione alle mani, talchè non possono lasciare i conduttori, anzi gli stringono più forte: così dicesi avvenisse a chi stringeva colle mani il ginnoto. Nella machina magnetelettrica è una corrente secondaria quella che scuote (§ 163), e scuote ancora so all'el.o s'apra una terza via nel lungo filo del moltiplicatore: manca la scossa se, uscendo la corrente da ove s'è destata, trovi sola una via, che poi dividesi in due, una delle quali sia assai migliore dell'altra ch'è il corpo umano. Così nella torpedine non appare che scuota la prima corrente che dee andare per la pelle del pesce; scuote sì la secondaria che va per la via lunga del cor-

po umano: nè la scossa m'è sembrata minore quando era aperta la terza via del moltiplicatore; nè quando la parte superiore e inferiore dell'organo comunicano per una larga piastra metallica, purchè tocchinsi le facce dell'organo, e non la piastra (*a*).

Se per lesione cerebrale l'organo è fatto inerte, la corrente d'una piccola pila, che va ad esso dal cervello e da' nervi, fa sì che l'organo dia qualche scossa (Matteucci); e così, s'io mal non intendo, tal corrente prende un'energia che non aveva e che non prende se la torpedine è morta da qualche tempo o i nervi sono legati. Non si scarica, ma si contrae, la torpedine illanguidita, se dall'organo va al cervello la corrente della pila (§ 196). (*b*).

(*a*) Giorn. Arcad. *Gennaio 1839*. *p.* 22.

(*b*) *Matteucci* Bib. Univ. Octobre *1837*. *p. 163*. — Octob. *1838*. *p. 373*.

SEZIONE TERZA

ELETTROCHIMICA

CAPO XXV.

Degli Effetti Chimici dell' Elettricità e prima di quelli delle Scintille.

206. Passiamo agli effetti, forse più degli altri importanti, delle correnti elettriche. La scintilla el.ª è agente chimico potente e commodo per la facilità, con cui penetra ne' vasi continenti i fluidi elastici.

Col mezzo della scintilla elettrica si compongono e scompongono i fluidi elastici. Si dimostra così la formazione dell' *Aq*. Si empie di mercurio un tubo di vetro, quindi si rovescia in un vaso pieno esso pure di mercurio; s' introducono nel tubo volumi 2 H. + 1 O. Si fa scoccare una scintilla tra 2 fili metallici che penetrano nel tubo e hanno le punte vicine una all' altra: il miscuglio s' infiamma, e il mercurio ascende, coprendosi di leggier velo d' *Aq*. Il vetro dee avere la spessezza, almeno di mezzo pollice per resistere all'espansione prodotta dal calorico, che si desta mentre i gas si combinano. Facendo l' esperienza più volte di seguito, s' ottengono gocce d' *Aq* abbastanza grandi. L' effetto non manca se è nel miscuglio altro gas, purchè in discreta quantità, ch' è varia pe' diversi gas; nè manca se ci sieno di soverchio *5* o *6* volumi d' H o 7 d' O: manca, se vi sono 8 volumi superflui d' H o *9* d' O. (Davy).

Sia un recipiente di metallo o di grosso vetro chiuso da un capo, e attraversato da 2 fili metallici posti in modo che possa fra essi scoccare la scintilla: introdotto in esso il miscuglio d' O e H, o solo questo, misto ad aria atmosferica, chiudasi con turacciolo il capo opposto: al passare d'una scintilla si ha forte esplosione e il turacciolo è spinto fuori con impeto. Questo apparato è la notissima *pistola del Volta*.

207. Se passa una copiosa serie di scintille per l' aria atmosferica chinsa in un vaso, trovasi diminuito il volume d' essa aria, e posta in essa una tintura azzurra vegetabile, diviene rossa: indizio d'un acido. È l'ac. nitrico formato dall' unirsi in proporzione diversa gli elementi dell' atmosfera, O e N. Meglio riesce l' esperienza unendo a *3* porzioni d'aria comune *5* d' O: allora il mescuglio svanisce quasi tutto; e posta nel vaso un poco di soluzione di potassa, l' operazione s' accelera e nella soluzione si trova nitrato di potassa.

Si fanno molte analoghe sperienze con altri gas: e si ottengono diversi prodotti. Se i gas racchiusi sono aria atmosferica e H, si ha *Aq* e N: se sono H e *Cl* si ha ac. cloro-

idrico: se ossido di C e O, si fa ac. carbonico: se ac. solforoso e O, si fa ac. solforico ec.

Queste operazioni sono utili a svelare o a confermare la natura chimica de' gas composti, e ancora a mostrare come, almeno indirettamente, influisca l' el.° nelle chimiche mutazioni. Ma però le accennate sperienze e altre simili possono giudicarsi solo effetti mediati dell' el.à, come la combustione dell' etere e altre sintesi ottenute mediante l' el.° scintillante. I gas si combinano per sola elevazione di temperatura o anche pel ravvicinamento delle molecule prodotto dalla compressione: ora l' el.° riscalda forte una porzioncella di gas, e in questa, combinandosi le molecule eterogenee, si desta nuovo cal.°, occasione della combinazione d' altre molecule circostanti e così di seguito. Inoltre per l' el.° scintillante i gas sono compressi e le porzioni di questi scaldate dalla scintilla o dal calorico destato dalla combinazione, si gittano sulle altre e le premono.

208. In altre sperienze similmente condotte i gas composti si son veduti risolversi ne' loro principi: ac. solfidrico in S e H; ammoniaca in H e N; H carburato e percarburato in C e H; ac. carbonico in O e ossido carbonico.

Così s'è tratto l'H dall' ac. cloroidrico e dall' ac. fluorico o fluoidrico (Henry, Dalton). La scintilla el.a ossida i metalli. Passando essa nell' olio di trementina, si svolge del gas, e l'olio si fa bruno: gli altri olî mostrano effetti analoghi.

Una serie copiosa di scintille lentamente scompone un poco d' *Aq* in 2 volumi d'H e uno d' O; se scocca su questi un'altra scintilla el.a, svaniscono e riproducono *Aq*. Wollaston faceva scoccar la scintilla in un filo sottilissimo d'oro, la cui porzione immersa nell'*Aq* era chiuso in un tubo capillare di vetro, fuor solamente l' estrema punta acutissima: così l' el.° non disperdevasi: a ogni scintilla sorgevano gallozzolette di gas. Con simil metodo scomponeva il solfato di rame: l'ac. va sul conduttore +.° e il rame sull'altro. Una carta colorata da tintura azzurra vegetabile e bagnata con soluzione salina, e. g. di solfato di soda o di ioduro di potassio, si pone fra 2 punte sottili d'oro fra le quali dee scoccar la scintilla della machina. Appare sulla punta +a una macchia rossa, indizio d'un acido: se sulla macchia si pone il capo del filo —°, torna il primo colore. Anche la potassa e qualche terra si sono scomposte con una serie di scintille el.e (Bonijol).

209. La facilità, con cui l' H per mezzo d'una scintilletta s' abbrucia, cioè si combina coll'O dell'aria, suggerì al Volta la *lucerna ad aria infiammabile*, che poscia si è perfezionata. È B (Fig. 60) un vaso di vetro chiuso in altro maggiore X. In B è sospeso un cilindro di zinco Z; in X che per di sopra può aprirsi, e perciò anche in B, che con X comunica per la base, s'infonde ac. solforico allungato con 15 parti d'*Aq* almeno. Lo *Zn* da principio pesca nel liquido: però si svolge idrogene, scomponendosi l'*Aq*. Esce l' *Aq* di B e s'inalza in X: B resta pieno d'idrogene. Questo può farsi uscire a piacere, mediante una chiavetta *s* Allorchè il vaso è chiuso, il gas preme sul liquore, lo caccia in X e ivi lo sostiene; perciò presto lo *Zn* non tocca più l'acido e cessa il prodursi dell'idrogene. Ma per la pressione della colonna liquida *an*, esce il gas tostochè un varco gli è aperto; e allora rientrando l'*Aq* in B si riproduce altro idrogene. Nella base CD dell'apparato è disposto un elettroforo in modo, che abbassando senza più la linguetta d'ottone *o*, e gira la chiavetta e s'alza lo *scudo*: allora un filo metallico terminante nella pallina *m* tocca esso scudo, ne riceve una scintilluzza che pel filo isolato va a scoccare tra le punte metalliche *pp*, là ove il gas esce dell'orificio. Questo s' infiamma al contatto dell'ossigene atmosferico, e facilmente accende una lucernetta posta gli innanzi. Sopra una porzioncella del mastice dell' elettroforo è una striscia di stagno, che comunica col fondo non isolato dell' apparato, pel cui contatto lo scudo soprapposto al mastice per-

de l'el.^{ta} —^{a}, che altrimenti resterebbe sulla sua faccia superiore. L'elettroforo ben custodito conserva la carica par parecchi mesi.

CAPO XXVI.

Delle Analisi prodotte dalle Correnti Elettriche.

210. Passiamo ora a vedere quanto bene le sperienze del § 208 combinino con quelle che si fanno colla pila, o in generale colle correnti più propriamente dette cioè non istantanee.

Ritrovata a pena la pila, si osservò che mentre l'el.^{ta} scorre per essa, è assai promossa l'ossidazione dello zinco, si scompongono i sali (sal comune, allume, solfato di soda) sciolti nell' *Aq* per farla più deferente, e in particolare si scompone l' *Aq*. Se i roofori, che partono da'poli della pila, pescano nell' *Aq*, l'H va al rooforo —^{o} a si accumulano attorno ad esso, come l' O attorno al +^{o} se questo è di metallo ossidabile, con esso si combina l'O *nascente* e poco o nulla ne appare libero: non così se il rooforo è di platino. Sia l'*Aq*. in un tubo curvato a foggia di U, le cui 2 estremità son chiuse con sugheri attraversati da fili di platino comunicanti co' 2 poli: quando è raccolta una certa quantità de' 2 gas ne' due rami del tubo, si vede che i volumi sono 2 H e 1 O. Se capovolgesi il tubo, affinchè i gas passino nella curvatura, ora divenuta più alta, e ivi si confondano, e se in quel luogo il tubo è forato in due punti opposti a traversato da due fili metallici, fra cui possa scoccar la scintilla el.^{a} la si fa scoccare, e a un punto i gas svaniscono e tornano *Aq*.

La scomposizione di questa tanto più è pronta, quanto più essa è deferente: però si scioglie in essa qualche sale o, ed è meglio, dell'ac. nitrico o solo o misto al solforico o a un poco di sale. L' *Aq* non conduce bene la corrente voltiana, se non si scompone.

211. Se nell' *Aq* è sciolto un *ossiacido*, l' O si raccoglie al polo +^{o} e il radicale al —.^{o} Se è sciolto un sale, l' acido va al +^{o}, a la base al —^{o}: talora anche la base si scompone, o l' acido; e l' O va al +^{o} e l' altro elemento al —^{o}. Passando la corrente della pila per una soluzione d' acetato di piombo, il rooforo —^{o} si è veduto coperto di aghetti di piombo. Colla soluzione di solfato di rame si depone rame: con quella di nitrato d' argento, si hanno aghetti d' argento, cha si piantano gli uni sugli altri e formano quello che dicesi *albero di Diana*. In generale vanno sempre al polo +^{o} l' O e gli acidi, ch' escono d' una combinazione colle basi salificabili. Tendono per lo più al medesimo il *Cl* e le altre sostanze analoghe per le loro chimiche proprietà all' O e agli acidi, che più spesso nell' esperienze *voltiane* divengono per contatto —^{e}. Per contrario tendono per lo più al polo —^{o} i corpi che in quelle sperienze divengono +^{i}, i corpi semplici più ossidabili, gli alcali ec. De' due elementi d un composto (semplici o composti) quello che va al polo —^{o} dicesi l' elemento +^{o}, e viceversa.

Faraday trova facilmente analizzabili dalla corrente i liquori seguenti, secondo l' ordine con cui sono notati: soluzione di ioduro di potassio, cloruro d' argento fuso, protocloruro di stagno fuso, cloruro di piombo fuso, ioduro di piombo fuso, soluzione d' ac. cloroidrico, ac. solforico allungato.

Parrot osservò che scomponendosi dalla pila l' ac. solforico allungato, non appariva l' H sul filo—^{o} di platino, ma bensi lo zolfo: l' H nascente dall' *Aq* si combina all' O dell' acido: Scomponendo il nitrato d' argento, il solfato di rame o l' acetato di piombo, non vide apparire l' H, e lribuì la riduzion de' metalli all'H nascente che si combina al loro O. Lo stesso osservò il Matteucci in varî sali metallici: con pila di 2 coppie, inabile a scomporre l' *Aq* leggermente salata e con soluzione

di nitrato d'argento, che più facilmente si scompone, non otteneva l'argento metallico ma l'ossido d'argento: afferma d'avere scomposto, con simili deboli correnti, il cloruro di rame e gl'ioduri di ferro e di zinco, andando il metallo al polo—° e il cloro o il iodio al +°: ne deduce che questi composti, benchè sciolti in *Aq*, non s'erano mutati, come alcuni pensano, in cloroidrati e iodidrati d'ossidi metallici. Se sieno miste a soluzioni saline, almeno di nitrati, soltanto il sale più decomponibile viene scomposto e il suo metallo precipita, salvo se l'altro sale sia in maggior copia.

212. Si vede che le sostanze le quali si uniscono ai poli sono talvolta prodotti immediati dell'azione el.ª, ma non di rado sono prodotti secondari di azioni chimiche sui corpi nascenti d'altri corpi talora anch'essi a stato nascente.

Dalle molte sperienze chimiche eseguite colla pila conseguono queste leggi: 1. L'O *è sempre —° rispetto a ogni altro corpo*. 2. *Un corpo contenente* O *è tanto più —°, quanto meno le proprietà dell'* O *sono neutralizzate: però un corpo ossigenato spesso è —° rispetto a un altro pure ossigenato, in cui le proprietà dell'* O *sieno più mascherate*. 3. *Le basi de' sali sono sempre +° rispetto a' loro acidi*.

Un corpo può andare ora al polo +° ora al —°. Nell'analisi dell'ac. solforico lo S va al —°: in quella del solfuro d'argento va al +°. Ciò facilmente s'intende: lo S nella prima combinazione è l'elemento +°, nella seconda è l'elemento —°.

I corpi che immediatamente scomponsi dalla corrente possono dirsi *elettroluti* (da *luo*, *solvo*), gli scomponibili per unione d'*Aq* o d'altro *elettrolutidi*: tali sembrano gli acidi solforico, nitrico, nitroso e solforico: la scomposizione per l'elettricità sarà *elettrolussazione* (Faraday).

213. Gli effetti chimici della corrente della pila sono tanto maggiori quanto più deferente è il liquore frapposto a'metalli e quello che dee scomporsi, quanto più il liquore aderisce al metallo, quanto maggiori sono le piastre metalliche in azione, quanto maggiore è la superficie metallica immersa nel liquore che si scompone. Crescono ancora col numero delle coppie e, secondo H. Davy, assai più che non è la ragion diretta del numero delle coppie. Ma De la Rive avverte che, crescendo questo oltre un certo termine l'effetto torna a diminuire.

Faraday sostiene che l'azione scomponente d'una corrente è costante per una quantità costante d'el.°, e la quantità d'*Aq* scomposta dalla corrente è proporzionale alla quantità d'el.° che traversa l'*Aq*, e perciò la quantità di gas ottenuto dà la misura dell'el.° impiegato per ottenerla.

Una pila possente altera eziandio i solidi insolubili: se vetro, solfato di calce, spato fluore ec. sono in contatto con un polo, gli alcali, le terre ec., che compongono questi corpi, sono trasportati, secondo la legge esposta.

214. Una medesima molecula scomponendosi somministra gli atomi o le molecule +e e le —e; tuttavia quelle appariscono solo al polo —° e queste al +°; nè veggonsi, neppure con ottimi microscopi, andare pel liquore ai poli. Forse la lor piccolezza le rende incospicue, e solo allora divengon sensibili che se ne unisce un certo numero. Del resto non è dubbio che gli atomi siano trasportati a uno e all'altro polo: anzi alcuni acidi passano attraverso liquori alcalini, e gli alcali per liquori acidi, senzachè l'affinità li trattenga. Sieno 3 vaselli di porcellana *a*, *b*, *c*: sia in *a* una soluzione di solfato di potassa, in *b* ac. nitrico allungato, e in *c Aq* pura. Si ponga in *a* il reoforo +° della pila, e in *c* il —°. Dopo qualche tempo nell'*Aq* di *c* si trova la potassa, che in conseguenza ha impunemente attraversato l'acido di *b*. Pongasi ora in *a Aq* pura, in *b* ammoniaca, e in *c* solfato

d' argento: si troverà in a l'ac. solforico che sarà passato per l'ammoniaca. Osservò H. Davy, che se un acido, e. g. il solforico, andando al polo +° s'imbatta in un corpo con cui fa un composto insolubile, e. g. colla barite, si combina seco e precipita. Ciò rende credibile che anco negli altri casi si faccia la combinazione; e sia subito scomposta, ciò che una pila più poderosa farebbe forse anche del composto insolubile.

Da queste sperienze abbiamo che *l' analisi si fa presso ambedue i poli, o, più in generale, ove la corrente passa dal solido al liquore o da questo a quello.* Che non si faccia anche nel liquore intermedio lo provò De la Rive, empiendo di soluzione salina 3 vaselli comunicanti, ciascuno de' quali in alto terminava in sottilissimo cannellino. Il liquido diminuiva solo ne' vaselli estremi comunicanti co' roofori, non già nel medio.

215. La pila, divenuta il mezzo più universale dell' analisi chimica, è come l' oracolo, cui principalmente si volge chi vuol conoscere la natura chimica de' vari corpi. Essa ha cominciato a svelarci la natura degli alcali fissi e delle terre. La potassa al tutto secca non conduce l' el.°: ma è deferente, bagnata che sia leggermente alla superficie. Se de' pezzetti di potassa in questo stato pongansi sur una piastra di platino comunicante col polo—° d'una buona pila, e un filo di platino comunicante coll' altro polo tocchi la potassa, questa a poco a poco si scompone: l' O va al filo +°, e verso la piastra —a appaiono palline d' un metallo bianco come il mercurio. Davy, che primo fè tale scoperta, si assicurò che quel metallo si convertiva in potassa, riassorbendo l' O, e però la potassa è un'ossido di *potassio*, come si chiamò quel metallo. Poscia con simil metodo trasse dalla soda il *sodio* e dalla litina il *litio*.

Colla pila Davy, Berzelius, e Pontin scomposero la barite e la calce. Si mesce la terra inumidita con un poco di perossido di mercurio, e si colloca sulla piastra di platino, che forma il polo +° della pila: si pongono in una cavità preparata nel miscuglio terroso circa 4 grammi di mercurio, che per un filo di platino comunica col polo —.° Si ottiene un' amalgama, che distillata in tubo di vetro pieno di vapore di nafta, lascia un metallo solido (di rado o non mai privo affatto di mercurio) il quale esposto all' aria torna barite o calce. Con simil metodo Davy scompose la strontiana. Applicò questo processo alla magnesia: ma il suo metallo (il magnesio) pare che meglio si ottenga col metodo di Becquerel, cioè scomponendo con una pila di 20 coppie il cloruro di magnesio contenente un poco di cloruro d'argento. Questi ottenne collo stesso metodo il giargonio, il glucinio e il titanio da' cloruri di questi metalli contenenti un poco di ferro. Hare con due grandi elettromotori, e coll' aiuto de' processi refrigeranti, ottenne l' amalgame di strontio, bario e calcio, e colla distillazione separò questi dal mercurio (*a*).

216. Produce effetti chimici un elettromotore semplice, anche formato da un metallo e 2 liquori. In un vasello cilindrico di vetro, alto poco più di un pollice, si versi una soluzione di solfato di rame nell' ac. solforico allungato, e sopra infondasi soluzione d'ammoniaca, ma con molta cautela, acciocchè i 2 liquori non si mescolino. S' immerga ne' 2 liquori un filo di rame. Dopo un tempo (fra 12 e 24 ore) si trova la parte superiore immersa nel liquore alcalino coperta di cristallini di rame e l' inferiore corrosa e in parte sciolta. Si vede l' effetto della corrente, e l' estremità superiore operante come metallo —° e l' inferiore come +.° Simili effetti ottenne Bucholz, sostituendo all' ammoniaca *Aq* stillata, o al rame altro metallo immerso in parte in una soluzione dello stesso metallo, in parte nell' *Aq* comune o acidula.

(*a*) Bibl. Univ. Septem. *1839*. *p. 200*.

Becquerel ha fatto gran numero di curiose sperienze analoghe. L'azione debole di piccole forze el.ª, continuata per giorni, per settimane, per mesi, si ravvicina all' ordinario andamento della natura assai più dell' azione impetuosa e breve o interrotta delle correnti più energiche; e da quella Becquerel ha ottenuto de' risultamenti, che non si erano avuti colle pile più poderose. Un' el.à in apparenza debolissima gli ha somministrato molte sostanze prodotte o immediatamente dall analisi o dalle combinazioni de' corpi a stato nascente; fra l'altre parecchi ossidi metallici e altri corpi cristallizzati, che non è agevole ottenere dall' azione precipitosa d' una forte pila. Simili belle sperienze sono state fatte recentemente da altri scienziati (Crosse, Paillette, Fox, Golding Bird).

217. Vediamo che un' elettricità di tensione debolissima opera analisi: ma allora l' el.° che, scorrendo continuamente, le produce è copioso. Osserva Faraday che un grano d' *Aq* acidula ha uopo a scomporsi dell' azione continua per 3' $\frac{3}{4}$ d' una corrente atta a mantenere rovente un filo di platino di $\frac{1}{104}$ poll. di diametro, e di produrre fra 2 punte di carbone luce assai viva.

Si fa una pila di grande energia elettrochimica con sette bicchierini e in essi 7 teste di pippa: si pone in queste ac. solforico allungato in *5* o *6* parti d' *Aq*; in quelli ac. nitrico concentrato; nelle prime pescano lastrine di zinco amalgamato, nelle seconde di platino: i 2 metalli sono a contatto (*a*). Tal pila tonda, di *4* poll. di diametro, 1 $\frac{1}{4}$ d'altezza e 20 pol. quadrati di superficie metallica in azione, è di forza costante ed emula gli effetti chimici delle pile ordinarie di *50* o *60* piastre.

218. Le analisi si ottengono dalla macchina el.ª non solo col mezzo delle scintille, ma ancora per la sua corrente tacita, benchè non sia così continua come quella dell' elettromotore.

Le pile zamboniane non sogliono produrre effetti chimici. Tuttavia Parrot giunse a scomporre l' *Aq* con una di *32000* elementi, ma si debolmente che le gallozzole d'aria, di $\frac{1}{2}$ lin. di diametro, si seguivano lentamente una a una.

Come abbiamo accennato, gli effetti chimici si ottengono (*b*) dalle correnti termelettriche (§ 173), da quelle passeggiere e brevissime de' pesci el.ⁱ (§ 201) e specialmente da quelle d' induzione (§ 161).

219. Si è pensato, al parer mio verisimilmente, che possa essere effatto elettrochimico il sapor che si sente, acido se la corrente el.ª entri per la punta della lingua, e se ne esce diverso e piuttosto che altro *acre* dice il Volta *e come alcalino* (§ 188). La corrente, scomponendo alcune particelle saline, che trova nella saliva, può condurre l'acido al metallo +° e la base al —.°

È probabile che l' odore, il quale si sente quando l'el.° disperdesi per l' aria, sia dovuto a effetto chimico. Schoenbein trova perfetta analogia fra questo e quello che, scomponendosi l' *Aq* dalla corrente voltiana, si desta soltanto presso al rooforo +° di platino o d'oro. Egli crede che un gas, una materia odorante di suo genere, analoga al *Cl* e al *Br*, che era combinato coll' H, si svolga presso il metallo, di cui esce l' el.°.

220. La facilità, con cui, nello scomporsi d'un sale di rame, precipita una crosta di rame, sul rame sull' oro sull' argento sul piombo ec. ha fatto nascere la nuova arte che dicesi *galvanoplastica* (*c*). Col mezzo d'una cop-

(*a*) Bibl. Un. *1839* Aout. *p. 188* — Bibl. Ital. *1839*. Ottob. *p. 125*.
(*b*) *I. F-C. IV. C. XXXIII.*
(*c*) Ann. da ch' et Ph. Septem. *1840. T. LXXV. p. 25*—Bibl. Ital. Maggio *1840. p. 187 e 268. V. ancora Genn. p. 73, e Luglio p. 138.*

pia metallica e di due liquori passa la corrente per una soluzione satura di solfato di rame, e trasporta le molecule di rame nascente sulle medaglie di rame, sopra un *rame da stampe*, sulle forme o controprove in piombo o in lega di piombo e stagno di bassi rilievi o medaglie, sur una forma, rappresentante qualsivoglia oggetto o carattere, in cera plastica o stearina coperta di sottil foglio d'oro o d'argento o di sottilissimo velo di grafite. Debolezza costante della corrente e costante saturità della soluzione sono le condizioni principali. Lo zinco è immerso in una soluzione debole di solfato di soda o in altra simile. Con una coppia di *1*, *3* met. quadrato possono ottenersi in *24* ore *270* grammi di rame, e in *5* o *6* giorni de' bassi rilievi di *0*,^{m} *42* di lunghezza e 0,^{m} *28* di larghezza: Il miglior metodo è porre di fronte in una cassetta la piastra di zinco, il diaframma poroso che divide i *2* liquori (e. g. di terra poco cotta non inverniciata) e quindi il corpo —° (*n*), cioè una piastra di rame o altra sostanza coperta di foglio d'oro o argento, o di grafite, che serve di originale. Ovvero pongonsi di fronte questa e una piastra *p* di rame con framezzo la soluzione del solfato: comunica *n* con un cilindro di zinco, e *p* (che fa da rooforo) con un vaso cilindrico poroso che racchiude lo zinco e il suo liquore (Jacoby).

Con metodo analogo, e soluzione di cloruro di stagno si può stagnare il rame (Minotto, Giac. Ferrari).

Analogo è il processo per indorare i metalli (argento, ottone, rame, platino), per mezzo della soluzione di cloruro d'oro (De la Rive).

221. Come l'el.° uscendo del metallo ne promuove l'ossidazione, così a questa si oppone quando entra in quello. Il rame, a cui nella pila l'el.° passa dal liquido, non s'ossida, come farebbe a contatto del liquore ossidante: potrà anzi perdere dell'O a sorte combinato co' suoi atomi superficiali e ciò per l'H nascente condotto ad esso. Davy pensò di guarentire dall'ossidazione e dalla corrosione il rame, che copre i vascelli, congiungendo a esso de' *protettori* ossia de' pezzi di *Fe* o di *Zn*. La corrente va a questi dal rame, passa nell'*Aq* del mare e rientra nel rame. Fatto l'esperimento, quasi sempre col *Fe*, il più delle volte il rame è stato preservato; benchè non siasi trovato espediente scemare la velocità de'vascelli in corso co' *protettori* di *Fe*, i quali fanno che il rame, qual ne sia la cagione, si cuopra tutto d'animalucci marini. Il Bellani propose d'applicare de'*protettori* di *Zn* ad altri oggetti destinati a stare a contatto de' liquidi, come le caldaie. De Althauss, coll'esperienza di *10* anni, s'è accertato che si garantiscono dall'ossidazione le caldaie di *Fe*, lunghe circa 30 piedi (destinate alla cottura del sale) inchiodandovi all'esterno delle piastre di *Zn* (*a*).

CAPO XXVII.

Della Pila secondaria e di altri Fenomeni elettrochimici.

222. *Il metallo, da cui nel circuito el.° esciva la corrente nel liquore, assai spesso diviene men +° ossia acquista elettrotismo; come ne perde l'altro che ha fatto da —°: il primo si dice polarizzato negativamente, il secondo positivamente* (*b*). Il fenomeno assai bene si osserva nel platino, nell'oro, nell'argento, nel rame ec. Tornano i metalli al primo stato per una corrente contraria o forte scaldati, e più lentamente se sieno senza più esposti all'aria. Le due parti d'un arco metallico, in una delle quali la corrente è entrata e per l'altra è uscita, sono *polarizzate* la prima in più, l'altra in meno (Marianini). Un filo di platino, se è stato rooforo +° o —°, è *polarizzato* in —, o in +. Se lo è in +, perde tale stato per immersione nel *Cl* o nell'O:

(*a*) Bibl. Un. Octob. *1839* p. *188*.

(*b*) *1*. F-C. *IV*. § *235*, *237*, *255*. *292*.

se lo è in —, nell' H. Un filo di platino (non di oro o d'argento) immerso pochi istanti nell' H si trova *polarizzato* in +; immerso nel *Cl* è *polarizzato* in —, come quei d' oro e d'argento. Benchè i metalli più ossidabili sembrino meno atti a queste sperienze, nondimeno un filo di *Fe* si *polarizza*, se fa da rooforo +°, pescando nell' ac. solforico puro o in una soluzione di potassa: così lo *Zn*. È più mirabile che il *Fe* col fare da rooforo +° d' una corrente, pare che divenga —° come il platino: lascia come questo apparir libero alla superficie l' O nascente per la corrente, e non è ossidato nell'ac. nitrico: torna di nuovo +,° se lo facciamo operare per un momento come rooforo —° (*a*).

223. Poichè lo *Zn* nella pila per l' azione della corrente el.a diviene men +° e il rame meno —°, e così 2 altri metalli che formino la pila, dee questo indebolirsi e scemarne la tensione. Di fatto, chiuso appena il circolo, la tensione scema rapidamente, e si ravviva poi, aprendo il circolo o anche chiudendolo con deferenti men buoni.

Scema ancora un poco, quando il circuito non è chiuso, e ciò come pare, per la debol corrente eccitata dall' umidità dell' ambiente (*b*).

Se due fili di platino sono stati, uno rooforo +°, l' altro —° d'una pila, e poscia chiudono successivamente il circuito voltiano con *Zn* e *Aq* acidula, il primo svolge assai più H del secondo. Congiunti insieme i 2 fili operano a modo d' una coppia voltiana; scuotono una rana preparata: così una moneta d' oro, ch' è stata nel circuito voltiano fra due panni bagnati. Il prof. Marianini osservò col condensatore la tensione el.a d' un filo d' argento ch' era stato più d'un' ora sotto l' azione della pila.

224. Consegue dalle cose dette, che formata una colonna di piastre d' un sol metallo, e. g. di rame o d' argento o d' oro, ciascuna delle quali sia chiusa fra due panni bagnati con una soluzione salina e quindi posta essa colonna pe' suoi capi in comunicazione colla pila voltiana, dopo alcuni minuti ogni piastra sarà come una coppia voltiana, e la colonna un elettromotore composto, la cui estremità che toccava il polo zinco della pila voltiana sarà il polo +°, e l' altra il —.°

225. Questa è la *pila secondaria* di Ritter, che dà scosse, scompone l' *Aq* e in una parola: riproduce più deboli gli effetti della pila voltiana. Il Marianini trova che tal pila fa deviar l'ago calamitato, ma non più di quanto ciò fa uno de' suoi elementi. Le sue sperienze provano ad evidenza che questa pila non può considerarsi come un semplice imperfetto conduttore elettrizzato dalla pila voltiana (*c*). Davy formò degli apparati *secondari* a corona di tazze, e gli parve crescer l' effetto a misura che la soluzione era più carica e più facilmente si scomponeva.

Benchè i liquori (alcuni almeno) si *polarizzino* anch' essi, come i metalli e insieme con essi e nello stesso verso, tuttavia nella *pila secondaria* l' effetto non è dovuto al liquore o ai panni bagnati; poichè se rovescinsi questi o si mutino, e prima di porre i nuovi si asciughino o si lavino i metalli, l' effetto non manca: ma al tutto manca se, non cambiati quelli, mutinsi le piastre metalliche (Marianini). È possibile che, ancora mutando queste, in qualche caso duri qualche effetto, e. g. nell' apparato a corona di tazze armato d' ac. cloroidrico, il qual acido si polarizza fortemente (Schoenbein): ma è certo che ordinariamente la virtù di queste pile dipende da' metalli già attraversati dalla corrente el.a.

226. Sembra che tal *polarizzazio-*

(*a*) *Schoenbein*. Bibl. Univ. *1838* Nov. *p. 166*.

(*b*) *Marianini*. Esercitazioni dell' Ateneo di Venezia *T. I.* — *I. F.C IV. C. XXVII.*

(*c*) Giorn. di fis. *Pavia 1826. p. 346*.

ne de' metalli proceda da chimica azione delle sostanze divise e trasportate dalla corrente. Ma *polarizza* i fili metallici anche una corrente incapace di separare gli elementi dell' *elettroluto* più facile a scomporsi, il ioduro di potassio. Di più: immergendo tai fili e. g. nell' ac. solforico allungato si hanno segni di corrente al roometro: cessati questi, si rompe il circuito; poscia si richiude e i segni tornanò, anche più volte successivamente (Schoenbein).

Forse delle molecule impercettibili de' corpi scomposti, appunto dal loro stato di estrema tenuità e divisione rese attive benchè di minima massa, aderiscono ai metalli e modificano le loro proprietà elettrochimiche? O si altera senz' altro la disposizione delle molecule del metallo, talchè e.g. nel platino, allorchè in esso entra la corrente dal conduttore di seconda classe, le molecule si dispongano in modo più o meno analogo a quelle delle molecule de' metalli ossidabili? O piuttosto la corrente altera alquanto la capacità naturale per l'el.° delle parti del metallo, modificandole, comechè sia, toglie alle particelle ond' esce qualche parte del loro el.° proprio, e allorchè entra lascia qualche porzioncella del suo el.° alle prime molecule metalliche, in cui s' incontra e in certo modo quelle combina con queste; e quindi il metallo fa a poco a poco ritorno al naturale suo stato? Comunque sia, questi fenomeni possono dirsi *elettrochimici*, quando altro non fosse, perchè sono alterazioni della facoltà elettrochimica de' conduttori.

227. Priestley e quindi il Nobili, scaricando valide batterie el.e sulle piastre di acciaio, o ferro, o rame, bronzo, stagno ec., per una punta sottile poco distante dalla piastra, ottenevano uno o più cerchi distinti in più anelli concentrici, presentanti i colori prismatici: ciò del pari osservasi coll' el.à +a e colla —a; dunque non è effetto chimico immediato dalla corrente istantanea, che deponga ora queste or quelle sostanze. Si osserva qualche fusione là ove la piastra è colpita dalla scarica. Ciò mostra il calore che ivi si desta, più che bastante a produrre tali effetti su vari metalli, e. g. sul rame e sull' acciaio. Sui metalli che non si colorano pel calore ordinario, come platino e argento, l' effetto è minore e men facile a prodursi.

228. Fenomeni elettrochimici in proprio senso sono quelli, analoghi in parte a' precedenti, ottenuti dal Nobili, dirigendo sulle piastre metalliche la corrente voltiana per mezzo d' un conduttor liquido. Concentrava l' el.à d' un polo in un filo di platino chiuso in cannello di vetro, salvo la punta: l' altro rooforo terminava in superficie piana normale alla direzione del circuito, vicinissima alla punta: in questa superficie, posta ora al polo +° ora al —° veggonsi i fenomeni. E. g. se il liquore è soluzione di solfato di rame e la piastra è di argento, su questa +a si hanno in faccia alla punta —a 4 o 5 cerchi concentrici, alternamente chiari e scuri. Se la piastra è —a il rame che si depone fa 3 o più cerchietti concentrici di tinta rossiccia più o men cupa. A questo e a molti altri effetti bastano pochi secondi e una pila di *12* piccole coppie. Sulle piastre d'oro e di platino +e, colla soluzione d' acetato di piombo o d'ac. acetico, appaiono in pochi istanti diverse iridi concentriche, vivaci quanto gli *anelli colorati* che s' osservano fra due vetri. (L. III, § 142). Il polo +° è assai più disposto a coprirsi di materie straniere, specialmente se il liquore è una sostanza animale o vegetabile, e in esso appaiono nello scomporsi di tali sostanze colori in generale assai più belli di quelli che si hanno con altri liquori.

229. Il Nobili collocando il roofo-ro —° a distanza piccolissima da una piastra d' acciaio verticalmente sottoposta, comunicante col polo +° e coperta d' acetato di piombo, il quale toccava anche il metallo che serviva di polo —,° otteneva sull' acciaio non solo iridi, ma disegni e figure di va-

rie specie e di tinte vivissime. Sostituendo delle piastre alle punte di platino colle quali otteneva gli anelli colorati, otteneva una tinta uniforme su tutta la piastra +a d'acciaio. Così potè costruire la sua *scala cromatica* della più gran beltà, composta di *44* tinte, ciascuna d'esse applicata a una piastra d'acciaio. Queste sono disposte secondo l'ordine delle laminette sottilissime, che le formano. Il colore della più sottile è il primo (biondo argentino) e si succedono regolarmente i colori prodotti da pellicelle sempre men sottili. Questa crescente spessezza è indubitata poichè le laminette si ottengono al tutto collo stesso processo, solo variando il tempo dell' operazione, brevissimo per la prima e sempre maggiore per le susseguenti. Le varie tinte rispondono ai varî colori degli anelli di Neuton (*a*).

230. Le pellicelle sottilissime, che vestono di così ricche tinte l'acciaio, sembrano formate non già d'O, di ac. acetico o di ossido di *Fe*, ma di perossido di piombo (*b*). Se è nel circuito voltiano una soluzione di nitrato o d'acetato di piombo, si depone del perossido di piombo al reoforo +°, se questo è di platino: non già s'è di metallo facilmente ossidabile, poichè allora l'O nascente ossida questo invece di combinarsi colla base del sale che si scompone. Il *Fe* fa eccezione, perdendo in queste circostanze l'affinità per l'O (§ 222). Immergendo in una soluzione d'acetato di piombo un filo di *Fe*, comunicante col polo +° della pila, e così chiudendo il circuito, l'estremità immersa del filo si copre d'uno strato, la cui spessezza cresce col tempo dell' immersione. Questo strato, che presenta notabili e ripetute successioni di colori, è perossido di piombo, come mostra l'analisi. Lo stesso può credersi dello strato colorito delle piastre del Nobili (Faraday, Schoenbein).

231. Mentre i corpi o elettropositivi o elettronegativi depongonsi sui metalli solidi niun proprio moto si osserva nelle soluzioni. Non così sul mercurio. La mobilità della sua superficie non sembra permettere che le materie si fissino su d'essa stabilmente come sui metalli solidi. Forse perciò correnti voltiane debolissime bastano a produrre su tal superficie de' curiosi movimenti, che sono stati stesamente descritti da parecchi fisici. Basta porre sopra una goccia piuttosto grossa di mercurio un poco di ac. solforico, di quà e di là del mercurio una lastrina di rame e una di zinco, e addurre questi a contatto. A meglio vedere il moto vorticoso del mercurio, pongono alcuni sull'acido che lo copre un poco di polvere di tabacco o caffè. La sede del movimento è alla superficie del mercurio: il liquore soprapposto è passivo e solo segue i movimenti delle particelle di quello. Toccando il mercurio coperto d'ac. solforico con un filo di *Fe*, appaiono nel mercurio contrazioni o palpiti, finchè per l'ossidarsi del *Fe* cessi l'azione voltaica fra i *3* elementi, mercurio, ferro e acido (*c*).

232. S'è accennato (§ 222) che la immersione alquanto prolungata in certi fluidi rende, (comunque ciò avvenga) per qualche tempo ne' metalli meno ossidabili maggiore o minore l'elettrotismo. Il platino, se è stato immerso nel mercurio, non s'arroventa esposto a un getto di gas H (L. II, § 42): ricupera tal virtù, se immergasi nell' ac. nitrico e poi bene si asciughi. Se è vero che fra le particelle del platino porosissimo o in sottilissima polvere si condensa l'O, questa condensazione potrà promuovere la sua azione sull'H, e quindi la combinazione di questo, il calore e l'igni-

(*a*) *Nobili*. Mem. *Vol. I. p. 18, 25, 50, 56, 163.*

(*b*) Bibl. Univ. Mai. *1837 p. 184.*

(*c*) *Herschel*. Ann. de ch. et ph. *XXVIII*, 280 — *Nobili* Mem. Vol. *I. p. 37.*

zione del platino (a). Può essere che l'immersione nel mercurio, specialmente in quello di commercio non assai puro, accresca l'elettrotismo del platino: e l'ac. nitrico torni a diminuirlo.

CAPO XXVIII.

Dell' Elettricità prodotta dalle Azioni Chimiche.

233. Saussure e il Volta osservavano che l'el.à —a la quale appariva nell'evaporazione, (§ 94) si cangiava talora in +a, quando v'era manifesta chimica azione, in ispecie cadendo l'*Aq* sul crogiulo rovente di *Fe* o rame: conclusero che tal'el.à era destata dall'azion chimica.

Il Volta e recentemente Pouillet hanno trovato che il carbone nel bruciare lascia sempre el.à —a, mentre ove si raccoglie in alto l'ac. carbonico, si hanno segni d'el.à +a. Questi debbono esser prodotti dalla sintesi, perocchè l'ac. carbonico, che s'inalza non muta lo stato fisico, non si liquefà.

234. Pouillet afferma che, scaldato a rosso-bianco un crogiuolo di platino di grosse pareti, e posto sul disco del condensatore, se vi gittava poca soluzione di strontiana, aveva segni di el.à +a: così sostituendo alla strontiana o barite o calce o soda o potassa: i segni erano maggiori se la soluzione era satura. In questi casi le molecule alcaline si separano dall' *Aq* e precipitano. Trova el.à —a se l'alcali è l'ammoniaca, che prontamente vapora. Questi effetti non son dovuti al l'evaporazione come tale; poichè nell'evaporazione si desta generalmente el.à —a; ed esso Pouillet sempre otteneva questa, versando sul crogiuolo *Aq*, in cui fosse sciolto un poco di qualunque liquido o gas o qualunque fra i sali, carbonati, solfati, nitrati, acetati ec. o fossero neutri sottosali o soprasali. Queste sperienze, per mio avviso, sono insufficienti a dimostrare che l'evaporazione per se non sia eccitatrice d'el.à (§ 95), ma sufficienti a provare che *le azioni chimiche destano tensione el.a* (b).

235. Facendo cader la luce concentrata con grandi lenti sopra ossidi collocati su piastre di platino, vide Pouillet che gli ossidi, scomponendosi pel calore, davano el.à.

Parrot afferma che, ponendo ac. nitrico con 5 parti d' *Aq* sopra una piastra or di zinco or di rame, trovava col condensatore la piastra —a e l'acido +o, e che lo stesso vedeva, applicando alla piastra un disco di cartone ben inzuppato di liquore acido o di soluzione salina atta a ossidare il metallo. Aggiunge che aveva l'effetto, benchè minore, se il liquido era *Aq* sì llata.

Dalle cose esposte sembra conseguire ciò che in seguito resterà confermato, cioè che *nelle combinazioni il comburente ossia il corpo —o dà elettricità +a e dal lato del combustibile o corpo +o si ha elettricità —a. Per contrario nelle analisi dal lato dell' elemento +o si ha elettricità +a e dall' altro —a.* L' *Aq* fa da corpo —o rispetto agli alcali e alle terre alcaline, e da +o rispetto agli acidi.

236. Dacchè le chimiche operazioni destano tensione el.a, debbono eziandio poter suscitare le correnti el.e Per altro, secondo ch'io penso, molte sperienze de' moderni fisici, belle e importanti per se, sono inefficaci a dimostrare tal conseguenza. Parecchie, che al primo aspetto s'attribuirebbero direttamente all'azion chimica, si spiegano coll'alterazione chimica sofferta da un corpo, per cui non è più identico a un altro benchè tuttora ne porti il nome, o con quella in esso prodotta dal passaggio della corrente, o dal suo stare immerso in diversi fluidi. Si dirà che queste alterazioni sono effetti di chimiche azioni. Ma ora trattasi di correnti el.a prodotte *immediatamente* da at-

(a) *Questa sperienza si fa con apparato simile a quello della fig. 60, ma senza l' elettroforo.*

(b) *I. F-C IV. C. XXXV.*

tuale operazion chimica, da questa come tale, non di quelle che possono prodursi ad occasione del contatto fra corpi da precedente azion chimica fatti eterogenei.

237. Ci son per altro dell'esperienze, che provano prodursi talora immediatamente le correnti el.e dalle chimiche azioni. Becquerel studiò le correnti destate nel combinarsi d'un acido colle basi. Immergeva le piastrette pendenti da' fili del roometro in due vaselli di platino pieni d'ac. nitrico: l'acido de' vaselli comunicava, per mezzo di sifoncini di vetro pieni d'un liquido conduttore, coll'interno di 2 altri vaselli contenenti, uno ac. nitrico, l'altro soluzione di soda, comunicanti fra loro per un ponticello d'amianto bagnato. Chiuso il circuito, l'ago deviava, e più se poneva nella soluzione de' pezzetti di soda: il deviar dell'ago indicava che l'acido faceva da +°, all'opposto di ciò che sarebbe stato se destata si fosse la corrente senza azion chimica. L'ac. solforico e il cloroidrico potevano sostituirsi al nitrico. Al cominciare dell'operazione spesso la direzione della corrente è l'opposta: ma se aumentasi l'intensione della chimica azione, quella scema, s'annienta, poi cangia direzione. Il cangiamento si dee, come sospetta Becquerel, alle impurità che sono talora nell'amianto ed eccitano altri chimici effetti? O piuttosto da principio si manifesta la corrente prodotta pel contatto, e più tardi vince quella d'origine chimica?

238. Con altri ossidi metallici Becquerel ebbe effetti affatto simili agli ottenuti nel combinarsi dell'ac. nitrico colla soda o colla potassa, ma un poco minori. In luogo della soluzione alcalina, versava nel vasello una soluzione di sal neutro, e spargeva dell'ossido sull'amianto comunicante col vasello dell'acido.

Analoghi sono gli effetti ottenuti da De la Rive nelle combinazioni degli ossidi colle basi e co' sali neutri. Combinandosi uno di questi coll'alcali, fa un sale alcalino; e la corrente mostrava di andare al sale dell'alcali e tornare a questo pel filo metallico del roometro.

239. In vero nelle chimiche operazioni assai spesso i 2 corpi hanno diversa temperatura; e da questa cagione può talora ripetersi parte degl' indicati effetti el.i e altri analoghi. Ma non pare che al tutto debban questi tribuirsi alla differenza della temperatura, sia perchè è assai credibile che le chimiche mutazioni destino elettricità, mentre ciò fanno minori alterazioni moleculari, sia perchè alcune volte il corpo più caldo non fa da —° (come sembra che farebbe se fosse termelettrico l'effetto) ma da +°, come il crogiuolo rovente di Pouillet (§ 234).

240. Le chimiche attuali operazioni e le superficiali modificazioni che alterano l'elettrotismo d'un metallo che sta o è stato qualche tempo in certi liquidi, possono contribuire a rendere in un dato liquore più —° d'un altro un metallo che in altro liquore o nell'aria era rispetto ad esso +.° Secondo le indagini di Davy, la negatività degl' infrascritti conduttori di prima classe, adoperando per conduttori di seconda classe gli acidi ordinari, segue quest' ordine: rodio, platino, carbone, oro, palladio, argento, rame, piombo, bismuto, ferro, stagno, zinco, bario, potassio: colle soluzioni alcaline: platino, oro, palladio, argento, ferro, rame, piombo, stagno, zinco ec: con le soluzioni de' solfuri: carbone, oro, palladio, platino, argento, ferro, rame, stagno, zinco.

CAPO XXIX.

Della Relazione tra le forze Chimiche e le Elettriche.

241. Da tutto quello che si è detto fin qui (piccol cenno di quel troppo più che potrebbe dirsi) egli mi sembra che evidentemente appaia la grandissima relazione ch' è tra l' el.à e le chimiche azioni.

Non è mancato chi mosso da ciò, volle attribuire a tali azioni i feno-

menti el.i, non solo quelli che diconsi *galvanici* o *voltaici*, ma eziandio quelli che osservansi a occasione dello stropicciamento e di analoghe operazioni e forse tutti.

242. Abbiamo già risposto (§ 20) alle sperienze per le quali l'ossidazione dell' amalgama poteva credersi necessaria agli effetti della macchina el.a.

Può essere che l' ossidarsi del corpo stropicciante giovi un poco all' effetto, o che le sostanze ossidabili sieno a pari circostanze più atte a dare al vetro per istropicciamento el.à +a: ma se l'ossidazione dell' amalgama fosse la cagion sola dell'el.à della macchina, si otterrebbero segni el.i non meno energici, ossidando direttamente l'amalgama, il che non avviene. È possibile che, ancora mancando l' O, qualche chimica operazioncella avvenga nel corpo stropicciante o nello stropicciato: ma vorremo preferire alla cagione energica e manifesta, allo stropiccio, una cagione al più debolissima, non osservata, forse non osservabile e nulla più che sospettata? Se minime operazioni chimiche, destassero i torrenti d' el.o che versa la macchina el.a, non so in qual luogo o in qual tempo non saremmo soggetti a forti correnti el.e, a scintille, e forse a scosse? Queste riflessioni non debbono dimenticarsi nel seguito di questo capo.

243. I fatti ci guidano piuttosto a concludere che ogni alterazione molecolare, fisica o chimica, vale a destare el.à. Il disequilibrio molecolare prodotto dallo stropiccio non pare che possa separarsi da un disequilibrio dell'el.o.

E quale azion chimica s'è potuta osservare, quando si agita il mercurio in un tubo vuoto? o si premono un coll'altro due corpi difficili a scompersi? o si striscia leggermente in tempo asciutto sul pelame d'un gatto, sul solfo, sul diamante, sul cristallo di monte ec.? Quale in 2 nastri di seta o in 2 lastre di vetro che stropiccíansi insieme? o in 2 lastre di mica che distaccansi una dall'altra? ec. ec.

Dunque possiamo stabilire che *l'elettricità si eccita con mezzi meccanici, anche indipendentemente da ogni chimica azione.*

244. S' è creduto possibile che le correnti termelettriche de'circuiti metallici sieno cagionate dall' ossidarsi di questi. Ma come spieganse i circuiti di solo platino, di solo oro, o argento? Il Nobili collocò ne' lati opposti d' un vaso due lastrine di platino applicate a' fili del reometro: versò *Aq* fredda da un lato del vaso e dall' altro *Aq* bollente: l'ago indicò una corrente da quest' *Aq* a quella. Così immergendo nell'*Aq* fredda 2 lamine di platino, una delle quali era stata nell' *Aq* bollente. Dopo le sperienze trovava le lamine omogenee, come prima. Nel circolo d'un sol metallo è maggiore l' effetto, se questo è platino che s' è rame o ottone (Yelin) o stagno o piombo (Yelin, Nobili). Diremo che la differenza d' ossidazione tra le parti calde e le fredde sia nel platino maggiore che nello stagno, nel piombo ec.?

245. L' ago magnetico devia nei circuiti platino — oro, platino — argento, platino — palladio, e ciò a temperatura, di 120°, di 80° e anco di 40° C. Gli effetti termelettrici osservansi nell' olio, esclusa l' *Aq* e l'aria, e in altri liquori non ossidanti e nel gas H ben secco non meno che nell' aria. Ne' circuiti oro — zinco, e argento — zinco, giunta la temperatura a certo grado, la corrente muta direzione e questo rovesciamento non può tribuirsi ad azione dell' aria poichè avviene ancora se la saldatura è immersa nell' olio (Becquerel).

Dunque, quantunque l'azion chimica possa talvolta modificare gli effetti del calore, *le correnti termelettriche possono prodursi indipendentemente da ogni chimica azione.*

Le correnti d' induzione che destansi dall' avvicinarsi d' una calamita o d' una corrente el.a, non sono certo generate da chimiche azioni.

246. La maggior controversia è intorno all' el.à *galvanica* o *voltiana*: ha questo per sola causa occasionale

il contatto di sostanze fisicamente o chimicamente diverse? così insegnò il Volta, seguito, almeno fino a questi ultimi anni, da quasi tutti i fisici e da molti chimici fra i quali Davy e Berzelius. Ovvero è generata da qualche chimica azione? Questa ipotesi, nata anch' essa in Italia, è sostenuta dal prof. De la Rive e sembra avere non pochi approvatori.

247 Il punto fondamentale della discussione deve essere la tensione el.a: perocchè se dimostrisi, a questa bastare il contatto eterogeneo, anche scompagnato da qualunque chimica operazione, la questione è decisa. La corrente è conseguenza necessaria della tensione, tostochè i corpi oppostamente elettrici congiungansi da opportuno conduttore. Quando si riesca a provare che senza azion chimica non v' ha corrente voltiana sensibile, ciò proverà solo che l' el.à voltiana, sempre di debol tensione, non passa pe' conduttori di seconda classe, salvo se la deferenza di questi venga aiutata da qualche chimica azione: ovvero che questi conduttori conducon sensibilmente la corrente el.a non impetuosa, soltanto in virtù de' trasporti elettrochimici delle molecule pr. dotte dalle chimiche operazioni, a un dipresso come altri pensò, i fluidi non condurre il calorico altrimenti che in virtù de' movimenti idrostatici.

248. I fatti esposti ne' Capi XIX e XXI sono, al parer mio, sufficienti a dimostrare che nel contatto de' conduttori si desta el.a tensione affatto indipendente da' chimici effetti. I fatti che ora passo ad esporre faranno ciò vie più evidente.

È assai da ponderarsi il fatto indubitato, che la tensione della pila non cresce a misura che cresce in essa l' effetto chimico, ma resta la stessa, a pari numero e natura di piastre metalliche, o che queste sieno molto alterate, o poco, o apparentemente nulla; resta il medesimo, o che il suo liquido sia un potente acido, o una soluzione salina o alcalina, o *Aq* stillata, o alcool che sensibilmente non intacca i metalli, o nitrato di potassa fuso (Volta, Marianini ec.). Singer ebbe segni maggiori nell' elettrometro, armando la pila con *Aq* pura e minori con liquidi più ossidanti: così pure De la Rive (*a*). Ciò può prodursi e dall' ossidazione dello *Zn* che lo fa meno elettropositivo, e per la legge scoperta dal Marianini, che la tensione della pila, a pari circostanze scema tanto più quanto è più deferente il liquido conduttore, e ciò ancora se il circuito è aperto (§ 223). Se dall' azion chimica e non da' contatti dipende l' el.à com' è che i segni di questa crescano quando cresce colle coppie il numero de' contatti metallici, benchè decresca e forse si riduca a niente quell' azione, e per opposito decresca, come il numero de' metalli a contatto, benchè si aumenti la chimica operazione? L' effetto è qui in ragione della supposta cagione? Perchè hanno valida tensione le pile zamboniane, ove l'effetto chimico e minimo, o piuttosto nullo o insensibile?

249. Siccome le azioni chimiche della pila si fanno continuamente, così l' el.à dovrebbe andare sempre crescendo ai poli, ogni qual volta quell'azione è sufficiente a dare più el.à di quella che si disperde.

È dunque da dire che se l' azion chimica suscita el.à nelle varie parti della pila, questa el.à non si accumula, ma là ove nasce ivi muore. E in vero, se mal non mi appongo, anchè il buon discorso ci fa accorti che dee così andare la cosa. Comunichi una pila col suolo pel polo rame. Secondo la teorica *chimica*, in un elemento della pila diverrà e. g. +a la soluzione acida, e —o lo *Zn*: questo cederà parte della sua el.à —a al rame sottoposto e al momento essa el.à —a sarà neutralizzata dalla +a della soluzione sottoposta; e così la +a della prima soluzione sarà neutralizzata dalla —a della coppia soprapposta: perciò niuna el.à si ac-

(*a*) Bibl. Univ. 1836 Juillet. p. 159 — 62.

cumulerà, e la pila non mostrerà tensione, e *al più* l'estremità potrà dare la propria elettricità all'elettrometro. Secondo la teorica del Volta, l'el.à +a dee accumularsi al polo *Zn*, e da esso andar decrescendo all'altro polo, come si trova che avviene: e in virtù dell'azion chimica non potrà destarsi in ciascuna coppia se non una tension +a e una eguale —a, e perciò la tension +a delle coppie nè calerà nè crescerà.

250. Ho detto che *al più* l'estremità della pila mostrerà el.à, se è giusta la teorica chimica: ma, secondo che pare a me, questa el.à (nella pila non isolata, che mostra maggior tensione) anderà anzi all'altro polo non isolato (specialmente se la pila ha poche coppie) che all'elettrometro isolato o al condensatore.

De la Rive pensa che le 2 el.à vadano a riunirsi e neutralizzarsi per la pila, e che il grado di tensione dipenda dalla facilità maggiore o minore ch'essa pila presenta alla loro trasmissione, la quale tanto più è impedita quanto è maggiore il numero delle piastre. Ma, com'io testè diceva, almeno nella pila di poche coppie, tutta si riunirà l'el.à, se la tendenza a ciò esiste e non si avrà tensione. Di più: tal tendenza a retrocedere è difficile ad ammettersi, mentre dura la forza che accumula l'el.à +a al polo +o e la —a al —o. Ha poi provato ad evidenza il Marianini, che nulla affatto cresce la tensione della pila, diminuendo in essa la facilità di trasmissione ossia la forza conduttrice, ciò che faceva ora interponendo fra le coppie attive molte coppie inattive (di solo rame), e gran copia d'acqua, ora facendo comunicare il rame collo zinco per un filo metallico lungo *500* o *1000* metri: effetto dell'indebolita forza conduttrice era il cessare o lo scemare de'segni del reometro, ma la tensione punto non si alterava. Ha poi cercato il Marianini indizi di queste controcorrenti e nulla ha trovato (*a*).

251. L'egual tensione con diversa chimica alterazione non procede dall'essere uguale la differenza d'alterazione ne'due metalli. Il Marianini trovò tensione uguale in 2 pile, in una delle quali tutte le piastre erano nell'*Aq* stillata, e nell'altra quelle di zinco erano nell'*Aq* stillata e quelle di rame nell'ac. solforico allungato.

Se lo *Zn* nell'*esperienza fondamentale* del Volta prende tensione +a, perchè è più alterato chimicamente del rame, questo diverrà +a qualora il sia più che quello, e. g. se sul rame si versi qualche goccia di ac. nitrico: faccio la prova, e trovo che il rame è, secondo il solito, —o.

252. Nella teorica chimica si ricorre all'alterazione prodotta sul *Zn* dall'umidità delle mani, a spiegare l'esperienza fondamentale, quando nè liquori ossidanti il toccano, nè aria troppo umida. A un de' piattelli di ottone del condensatore se ne sostituisca uno di *Zn*: una piastra di *Zn* si prenda con una mano, un'altra coll'altra: si tocchi con una il piatto superiore, coll'altra l'inferiore d'ottone. L'azion chimica de'le mani sul *Zn* è uguale dalle due parti, dunque niun segno el.o secondo la teorica chimica. Secondo quella del Volta dee esservi tensione —a, perchè il piatto d'ottone è toccato dal *Zn*; e ciò mostra l'esperienza.

Lo stesso, tenendo colle mani 2 piastre d'ottone e con esse toccando i 2 piatti di *Zn* e d'ottone.

Si ripetono queste 2 sperienze, tolto il piatto di *Zn* e rimesso l'ottone; nè si ha segno alcuno; il che esclude il sospetto che una delle piastre d'ottone fosse più alterata dalla mano che non la compagna, e così una di quelle di *Zn*.

253. Col condensatore di *Zn* e ottone, e prendendo colla destra una piastra di *Zn* e colla sinistra una di ottone, toccasi col *Zn* il piatto di *Zn* e coll'ottone quello d'ottone. Avremo tensione per l'ineguale alterazio-

(*a*) Sulla teoria degli elettromotori. Mem. *V*. art. 2.o

ne? Il contatto è omogeneo, e benchè dalla mano possa alterarsi più lo *Zn* che l'ottone, la tensione non appare. Bensì appare se tocchisi col *Zn* il piatto d'ottone, e con questo quello di *Zn*.

A queste aggiunge il Marianini sei analoghe sperienze, nelle quali si osserva ciò che predice la teorica del Volta e il contrario di ciò che consegue dalla teorica chimica (*a*).

254. Se l'azion chimica elettrizza lo *Zn* indipendentemente dal contatto o d'un grandissimo avvicinamento, perchè prima di questo la tensione el.ª non può esplorarsi?

Se lo *Zn* è intaccato dall'aria, lo sarà pure, benchè meno, il rame o l'ottone: questo toccato dall'argento dà al condensatore el.à +ª. Dunque i due metalli, *Zn* e ottone, sono amendue elettrizzati similmente, ma a grado diverso: il contatto renderà uguale anche il grado: così avviene a due corpi debolmente elettrizzati, ma a grado diverso pel contatto di vetri stropicciati. Com'è dunque che appaiono ne' due metalli due opposte tensioni? Questo fatto certissimo non è certamente assurdo nella teorica chimica?

255. Pfaff osservò che nel vuoto pneumatico rame e zinco a contatto si elettrizzano, come pure indica il condensatore: e così pure, facendo entrare nel recipiente aria diseccata, ac. carbonico, H carburato, o N.

Il Marianini osservava lo stesso in una campana pneumatica, ove l'aria era sommamente diradata e diseccata colla potassa caustica; anzi vedeva sempre qualche maggior divergenza nel vuoto pneumatico che non quando l'aria era rientrata, probabilmente per la minor resistenza che i foglietti d'oro trovano in quel vuoto (*b*).

Il medesimo con pila di 24 coppie oro-platino e *Aq* stillata ebbe col condensatore tensione +ª al polo oro, e —ª all'altro.

256. Davy descrisse molte sperienze, nelle quali si ha el.à nel contatto de' metalli o fra loro o col carbone o coll'ac. ossalico o col solfo, *e ciò mentre non si osserva il minimo cangiamento chimico*. Con rame e solfo, trovava quello +°, questo —°, a una data temperatura: crescendo questa, cresceva la tensione: ma a pena cominciava la combinazione, quella affatto cessava. *Sarebbe contra le regole della sana filosofia, per ispiegare un effetto, ammettere una cagione, della cui esistenza non possiamo assicurarci* (H. Davy).

Concludiamo: *la tensione elettrica che si osserva nel contatto dei metalli non dipende da alcuna operazione chimica conosciuta* (*c*).

257. Si dice *coppia voltiana* il sistema di 2 metalli zinco e rame (o ottone o argento ec.) a contatto d'un liquido. Che la tensione eccitata da tal coppia sia la stessa di quella che si desta nel contatto di 2 metalli eterogenei senza l'intervento d'alcun liquido, era, per quanto a me sembra, cosa non dubbia dopo quell'esperienze del Volta, che furono l'ultimo gradino per salire all'invenzion della pila. Tuttavia le recenti controversie hanno eccitato il Marianini a questa indagine. Egli con accurate sperienze ha provato che la tensione d'una coppia *Zn* e ottone, o *Zn* e argento è sempre la stessa o senza l'intervento del liquido, o pescando i 2 metalli in 2 vasi d'*Aq*, o pescando nell'*Aq* solo questo, o quello solo, o combinando in vari modi questi *3* casi: Analoghi effetti danno le coppie, rame — *Zn*, rame — piombo, rame — ferro, ec. Dunque *la tensione che nasce nel contatto di due metalli eterogenei nulla differisce da*

(*a*) Mem. *VI*. Art. 2.°

(*b*) *Ivi* Art. *3*.°

(*c*) *Le sperienze di Peltier* (Comptes rendus... *1835*. *N*.° *17*. *p*. *360*) *sembrano decisive a provare che la el.à di tensione può aversi senza azion chimica. Abbiamo addietro recate in parte quelle del ch. Zamboni V.* Ann. delle scienze del *R. L. V.* *1836 p.* 24 — Soc. Ital. *XXI*, *368*.

quella che nasce nella coppia voltiana formata con gli stessi metalli.

258. Il Marianini ha sperimentato che la coppia voltiana rame — *Zn* mostra identica tensione, essendo il liquido *Aq* stillata, o *Aq* di pozzo, o *Aq* in cui è sciolto $\frac{1}{100}$ del suo peso di sal comune o di solfato di soda o di nitrato di potassa o di solfato di magnesia o di cloruro di calcio, ovvero qualche goccia d'ac. nitrico o solforico o cloroidrico, o una dose maggiore d'ammoniaca o soda o potassa. L'effetto era lo stesso con acque più salate o più acide o più alcaline, purchè si tenesse conto delle alterazioni, che ad occasione del contatto di queste aveva osservato prodursi nella virtù elettromotrice (§ 222). Lo stesso avviene ripetendo le sperienze colle coppie ottone — *Zn*, argento — *Zn*, argento — stagno, rame — piombo, argento — piombo ec. Nella teorica chimica convien supporre che la differenza d'azion chimica di ciascun di que' liquidi sul rame e sul *Zn* sia una quantità costante: così le differenze fra le azioni di essi sull'argento e sul piombo ec. Chi mai crederà sì strana cosa, salvo se vegga arrecarsene prove saldissime? Ma non ne abbiamo prove nè salde nè deboli: solo il sistema la esige. Il Marianini trova che la coppia rame — *Zn*, posto il rame nell'*Aq* stillata e lo *Zn* nell'*Aq* salata o nell'*Aq* leggermente acida o alcalina, produce lo stesso grado di tensione che allorquando i 2 metalli sono ambedue nell'*Aq* stillata o ambedue nell'*Aq* salata ec. È certo che l'*Aq* salata o acidula esercita sul *Zn* e sul rame azione maggiore dell'*Aq* stillata: dunque crescendo l'azione sul *Zn* e non sul rame, la differenza d'azione è impossibile che resti la stessa; dal che risulta evidentissimamente che l'identità di tensione in una data coppia non procede dalla differenza costante di alterazione ne' due metalli. Dunque, conchiude il Marianini, *l'el.à messa in moto dalla coppia voltaica è appunto quella che destasi nel contatto de' metalli, di cui è formata.*

259. Sembra che taluno voglia dividere la teorica chimica e, abbandonandola rispetto all'el.à di tensione, ove al tutto è insostenibile, ritenerla per le correnti el.e. Se accordasi che l'el.à voltaica si desta nel contatto senza cooperazione d'azion chimica, e questa si pretende solo necessaria a ciò che quella sfugga in corrente o a ciò che la corrente sia di qualche durata e non istantanea, si suscita una nuova questione; ma la prima è finita (§ 247). Perocchè tra i difensori e gli oppugnatori della teorica chimica il punto controverso è l'origine dell'el.à voltiana, non già l'essere o no necessaria una certa condizione perchè quella produca certi effetti: questa è al più questione secondaria. Della el.à d'induzione magnetelettrica, che non si manifesta senza corrente, v'ha chi dica, la sua origine non essere nella calamita, ma nella facoltà deferente de' conduttori? Certa disposizione del suolo è necessaria perchè possa una massa d'acqua scorrere in torrente o in fiume: ma chi dirà che tal disposizione del suolo ha generato quell'acqua, o l'ha fatta uscir del terreno?

260. Se poi si pensasse che la tensione voltiana e la corrente debbano tenersi quasi due fenomeni indipendenti e procedenti da origin diversa, non so qual fisico di sana mente vorrebbe accostarsi a questa sentenza. La tensione cessa quando la corrente si stabilisce, come la pressione allorchè il grave cade. La tensione o pressione el.a si tramuta in corrente cioè in moto, appunto come la pressione meccanica. La tensione è alla corrente ciò che è la velocità virtuale alla attuale, ciò che l'affinità chimica alla combinazione, o l'attrazione magnetica al correr del *Fe* verso la calamita, o qualunque tendenza al suo atto. La tensione che si attua è la corrente. Le scosse, le analisi, le scintille e altri effetti crescono, a pari circostanze, col crescer della tensione;

come pure la velocità della corrente. Nell'esperienze de' §§ 257, 258 non abbiamo veduto l'el.ª messa in moto dalla coppia metallica (la corrente voltiana) trasformarsi in tensione e mostrarsi identica a questa, quanto può l'attuale medesimarsi con ciò che solo è virtuale? Se quelle correnti cessano tosto e non tornano in sestesse, impedite dallo stratarello coibente del condensatore, non però non sono correnti. Se talora, mancando l'effetto chimico, manca la corrente, o è debole rispetto alla tensione, ciò vuol dire soltanto che o non conducono o poco o troppo interrottamente conducono una data el.ª voltiana, i liquidi da essa non analizzabili ovvero quei che attualmente non si scompongono.

261. Nè mancano esempi di correnti chiuse, senza intervenimento d'azion chimica conosciuta, palesate dal roometro. E. g. il Nobili vedeva prodursi, con *niuna azion chimica*, corrente mediocre tra l'ac. cloroidrico e il nitrato di magnesia, corrente *piuttosto gagliarda* tra lo stesso acido e il solfato di magnesia, e corrente *delle più gagliarde* tra esso acido e il cloruro di calcio o i cloruri di potassa o di soda o di barite. Con ac. solforico o nitrico e cloruro di calcio trovava azion chimica *assai debole* e corrente *molto forte*; per contrario coll' ac. ossalico e carbonato di potassa, viva effervescenza e corrente nulla o debolissima (a).

Il Marianini pose al fondo d'una tazza, con entro soluzione di solfato di rame, 2 piastrine una di *Zn* l'altra di argento in modo che non si toccassero: l'*Ag* restò bianco e lucente per un quarto d'ora: ma a pena per un cannello di vetro lo fe toccare dal *Zn*, quello si coprì d'uno strato di rame. La corrente scomponente è qui prodotta pel contatto. Pose nella soluzione solo l'*Ag* e sopra esso un pezzettino di carta sottile, nè quello si alterò: pose sulla carta un cilindretto di *Zn*, tutto immerso nel liquore: dopo 5" l'*Ag* era coperto d'uno strato di rame. Ne consegue che pel massimo avvicinamento de'metalli può destarsi corrente el.ª anche allora che non può osservarsi la tensione.

Un filo di *Fe* unito a uno di platino è immerso nell' acqua perfettamente purgata d'aria, resta al tutto inalterato, e la corrente si mostra al roometro. Col *Zn* la corrente è più forte: effetto analogo si ha col cadmio o piombo o stagno o rame ec: sempre il platino fa da elemento —°. (Schoenbein).

262. Come una data cagione riscalda i corpi o li raffredda; ma non altera la temperatura così capricciosamente che riscaldi certi corpi e altri ne raffreddi senza che se ne vegga il come o il perchè; così l'azion chimica, se produce gli effetti voltiani, gli produce secondo una legge fissa: e.g. il metallo più alterato sarà +° rispetto all'altro e darà l'el.° al liquido. Questa è la legge del ch. de la Rive, dedotta dalle sperienze ordinarie. Ma quante volte si osserva il contrario! Verso sopra una piastrina di rame alcune gocce d'ac. nitrico: questa al certo è più alterata della compagna di *Zn* non toccata da alcun acido: le immergo amendue nell' *Aq* comune, aderenti a' fili del roometro; e lo *Zn* è +° secondo il solito.

Lo stesso affatto si osserva se lo *Zn* peschi nell'ac. solforico e il rame nell' ac. nitrico (De la Rive).

Col rame alterato dall'ac. nitrico e lo *Zn* non alterato faccio l'esperienza del sapore, e al solito questo e non quello cagiona nella lingua il sapor acido.

Lo *Zn* nella soluzione di potassa non è alterato finchè non sia chiuso il circuito; e pure, chiuso ch'è questo, lo *Zn* fa da +° rispetto al rame, benchè questo sia nell' ac. nitrico o poco allungato o molto o moltissimo (Schoenbein). Come in questa sperienza lo *Zn*, così in altre il perossido di piombo e lo *Zn* amalgamato non sono alterati, se non quando

(a) *Nobili* Mem. *Vol. I. p. 99, 100.*

toccano un altro elettromotore ossia formano una coppia voltiana.

263. Il rame immerso nell' ammoniaca è alterato più che il piombo o lo stagno: e pure questi si mostrano +i e quello —°. Nell' ac. nitrico e nel solforico il ferro e il rame son più alterati che il piombo o lo stagno: e pure un di questi accoppiato a uno di quelli è +.° Le coppie cobalto—rame, cobalto — antimonio mostrano sempre +° il cobalto, immerse che sieno nell' ac. solforico alluogato da 200 parti d' *Aq*, benchè quivi il cobalto si alteri meno degli altri due metalli. L'antimonio splendente, il cobalto, il bismuto, il niccolo, lo stagno e il piombo, tutti dall' ac. acetico son meno alterati del rame: pure accoppiati al rame e immersi in quell'acido sono tutti +i. Il *Fe* nell' acido solforico allungato si altera assai più che lo *Zn* nell' *Aq* stillata: e pure questo è +°: lo stesso si osserva sostituendo al *Fe* rame, ottone, o piombo, o al *Zn* il piombo (Marianini).

264. Molte sperienze di correnti el.e si recano da' fautori del sistema chimico. Si danno per prova dell'origio chimica della più gran parte delle correnti voltaiche, i prodotti chimici delle correnti destate nel contatto, ch' è quanto dire che il figliuolo è origine del padre. Alcune sperienze provano solo che anche le azioni chimiche generano el.à. Altre provano che questa può generarsi nel contatto d' un metallo e d' un liquore; ciò che è sì poco contrario alla teorica del Volta, ch' esso fu primo a insegnarlo. Altre mostrano che si ha talora corrente, immergendo due piastre omogenee in un liquore che ha azione su di esse, ma una prima e l'altra poi: le piastre non sono più omogenee, tostochè una è divenuta e. g. ossido o solfuro: l' azion chimica è allora occasione dell'eterogeneità e questa del-l' el.à.

In generale questi fatti, come le inversioni della corrente da uno all'altro metallo a motivo della diversità del liquore, e le direzioni opposte che hanno talora le correnti al primo immergersi de'metalli e un poco dopo, si spiegano colle alterazioni ora visibili e permanenti ora invisibili e passeggiere (ma certe, e prodotte o dal passaggio della corrente o da altra cagione), le quali modificano la superficie de' metalli. Le recenti sperienze di Faraday (*a*) non distruggono il fatto, che nel contatto di platino e *Fe* si desta el.à (*b*); nè provano che una pila di questi metalli con solfuro di potassio sciolto o con ac. nitrico fortissimo ec. non produca corrente, ma solo che una piastra di platino e una di *Fe* congiunta per mezzo de'fili del reometro non danno in que' liquori corrente osservabile in esso reometro, se non sieno aiutate dalla forza termelettrica o da una azion chimica, nè dee obbliarsi la forza elettromotrice del liquore.

265. Dunque, benchè l' el.à attribuita al contatto possa alcune volte aver per origine l' azion chimica, o questa modifichi quella e in particolare le rende facile il presentarsi sotto forma di corrente copiosa e continua; tuttavia resta inconcussa la proposizione fondamentale del Volta: *Ad occasione del contatto di conduttori eterogenei, specialmente di metalli, si eccita un' elettricità indipendente dalle azioni chimiche, e questa elettricità produce gli effetti degli elettromotori semplici e composti* (*c*).

(*a*) Bi. Univ. Mai *1840. p. 193.*

(*b*) *V. Marianini* Sulla facoltà elettromotrice relativa... Mem. di Fis. sperim. Anno *1.°* fascic. *2.°*. *Egli trova la virtù della coppia* Platino $Fe = 5$, 2 (*chiamando* 1 *quella della coppia* Pl — *oro*); 1, 5 *del* Pl — *argento*; 2, 5 *del* Pl — *rame*; 5, 8 *del* Pl — *stagno*; 6, 9 *del* Pl — *piombo*; 12, 4 *del* Pl — *Zn*.

(*c*) *I. F·C. IV. C. XXXVII. Chi vuol più e meglio, legga le sei* Memorie Sulla teoria degli elettromotori del prof. Stef. Marianini, *la prima pubblicata nel T.XX delle* Mem. della Soc: Italiana delle Scienze; *la seconda in Venezia 1830* (*e in francese negli* An. de Ch. et Phys. *XLV*);

266. Ma che diremo dell' opinione toccata di sopra (§ 259), che la scomposizione del liquore sia necessaria alla corrente voltiana o almeno alla sua durata? Spesso le scomposizioni, e sempre i trasporti degli elementi scomposti mancano, se non sia stabilito il contatto de' conduttori, se non sia chiuso il circuito. Dunque sembra che questi effetti suppongano una corrente (almeno debole e passeggiera), sieno effetti di essa, non già cagion prima ed origine.

Che i conduttori di seconda classe conducano l'el.à voltiana *soltanto* per mezzo de' trasporti molecolari, andando cioè le molecule nascenti —e, e. g. l' O al polo +°, e le +e, e. g. l' H, al —°, io non oserei diffinirlo. Forse alcuni e conducono in questo modo, e anco, ma debolmente, al modo de' conduttori di prima classe, a un dipresso come abbiam detto dei fluidi rispetto al cal.° (L. III. § 37, 38). Comunque siasi, è un fatto bene stabilito da Faraday (*a*), che molti solidi poco o nulla conducono prima di liquefarsi, e che i liquori più ossidanti, o in generale più facili a scomporsi, per lo più condocono meglio; e non ha dubbio che quei trasporti, scaricando le piastre voltiane, assai aiutino quella corrente prodotta da el.à di debole tensione.

Aggiungo che l' affievolimento della corrente nel passar d' uno in altro conduttore, è assai minore, se il liquido ha affinità pel solido e perciò lo bagna, e molto più se il liquido altera il solido, unendo le sue molecule a quelle di questo, talché formino le due superficie come un sol corpo. È provato dalle sperienze che quanto maggiore è l' azione chimica tra il liquore e il metallo, tanto meglio passa l' el.° (De la Rive, Fechner, Lenz). Ciò spiega come una coppia di maggior tensione, e. g. *Pl — Zn*, dia corrente più debole di altra di tensione minore, e. g. rame — *Zn*.

267. Saremo per le cose esposte in diritto di rigettare *qualunque* teorica chimica dell' el.à? No: poichè può proporsi qualche teorica chimica, che non si opponga a ciò che abbiamo dedotto dai fatti. Schoenbein difenditore della teorica chimica non considera come sola atta a destare el.à *l' attività chimica che s'esercita fra sostanze eterogenee e che è accompagnata da un risultamento materiale*, qual'è il combinarsi d'un metallo coll' O, ma eziandio senza più *la tendenza di due corpi a combinarsi, benchè la combinazione non si faccia*. In questa sentenza egli venne in virtù di parecchie sperienze (alcune sono accennate al § 261), nelle quali si ha corrente el.a a occasione del contatto, senzachè nè si vegga nè si abbia ragion sufficiente di supporre alcuna azion chimica. Egli chiama *correnti di tendenza* le correnti eccitate nel contatto senza azion chimica (*b*). Nulla si oppone alla dottrina del contatto, quale l' abbiamo esposta, l' ammettere che qualora destasi el.à voltaica, sia fra 2 corpi a contatto o affinità chimica o chimica azione, e che le analisi promuovano grandemente le correnti el.e.

268. È da osservare che questo dare per costante compagna all'el.à destata nel contatto l'attrazion chimica, ogni qualvolta quella non si crede procedere da chimiche mutazioni, può intendersi in due modi. O si vuole che l'affinità chimica, preesistente e innata nelle molecule, generi l'el.à ovvero si vuole che quella si desti in un con questa, che sien due forme di una stessa forza, che si presenta sotto questo o sotto quell' aspetto secondo le distanze, le masse o le temperature.

Spiegata in questo secondo modo la dottrina della tendenza o affinità si

la 3a negli Ann. delle scienze del *R* Lomb-Veneto *1836* bim. *1*; *la 4a nel T. XXI. della* Soc: Ital: *la 5a e la 6a nelle* Mem. di fis. anno secondo, Modena *1838*.

(*a*) Experimental Researches in Electricity. *1839*. Fourt Series. *p. 110*.

(*b*) Bibl. Univ. *1838* Mars *p. 150* — Avril *p. 395*.

riduce alla semplice e feconda ipotesi di H. Davy, già intraveduta da Neuton, e quindi abbracciata da scienziati di gran merito, quali sono Ampère, Berzelius, e Dumas.

269. L'essenza di questa dottrina, che chiamerò *elettrochimica*, (lasciando all'altra, di cui s'è trattato, i nomi di dottrina *chimica* o *chimico-elettrica*) è compresa in questa proposizione. *Le attrazioni chimiche e le elettriche (elettrostatiche) sembrano avere una cagione medesima;* ossia, un solo principio operando ora su masse maggiori a distanze sensibili, ora su minori a distanze minime, produce probabilmente ora gli effetti dell' affinità chimica, ora i fenomeni elettrici. Non si pretende doversi prima il principio mostrare sotto forma di forza el.^{a}, ossia ad ogni chimica azione dover procedere un fenomeno el.^{o}.

In questa dottrina le leggi della affinità riduconsi quasi a centro a un sol principio generale: la chimica acquista quell' unità, ch'è la forma del bello, e senza cui un'ammasso di cognizioni non sembra meritar nome di scienza; e il chimico trova un filo che può per avventura guidarlo nel labirinto delle sue sì varie e numerose indagini.

270. I combustibili (o i corpi che hanno più d'affinità per l'O o pe' corpi che ne fanno le veci come il *Cl*), cioè l'H, il potassio, il sodio, il bario, lo *Zn* ec. e i corpi binarl. analoghi, gli alcali e molti ossidi sono appunto i +^{i} o elettropositivi; i corpi di questa classe nelle sperienze di contatto prendono el.^{à} +^{a}, e nelle analisi operate dalla corrente vanno al polo —^{o} della pila. Così gli elettronegativi sono i comburenti de' chimici, O, *Cl*, acidi ec. Un corpo elettropositivo fa da —^{o} rispetto ad uno più +^{o} di lui e per contrario. Il rame —^{o} nelle ordinarie pile, è +^{o} congiunto all'argento o al platino, e lo *Zn* diviene —^{o} col potassio. Così nelle azioni chimiche il S fa da combustibile coll'O, e da comburente con alcuni metalli.

271. Il più de' corpi, che hanno un sull'altro azione el.^{a}, operano chimicamente un sull'altro, quando le molecule possono muoversi liberamente, e quei che maggiore azion chimica esercitano verso un corpo —^{o}, sono nella pila più +^{i}. Il soprasolfato di calce (che ritiene le proprietà degli acidi) dà debole el.^{à} +^{a} al *Zn* e al rame: il sottocarbonato di soda (che ritiene le proprietà degli alcali) rende que' metalli debolmente —^{i}; e nulla fanno il solfato neutro e il nitrato neutro di potassa (Davy). I corpi più ossidabili sogliono essere i più +^{i}: a mano a mano che ossidandosi perdono l'affinità per l'O, lo divengono meno. Nelle soluzioni acide i metalli più +^{i} sogliono precipitare i —^{i}.

272. Si ha più el.^{à} nelle azioni chimiche, se i corpi sono più +^{i} o più —^{i}. Una proporzione di *Zn* desta el.^{à} più intensa combinandosi con una di O che con una di *Cl*: una di O la dà più intensa combinandosi con una di *Zn* che con una di rame (De la Rive). Le azioni chimiche destano el.^{à}, e questa, anche debole produce effetti chimici.

L'aumento di superficie in una massa favorisce gli effetti el.^{i} e i chimici.

Calorico, spesso con luce, si ha come nelle operazioni chimiche così nelle el.^{e}.

L'affinità non si palesa o a pena fra molti corpi, se non se ne inalzi la temperatura. Così nel rame e solfo la tensione el.^{a} si palesava e cresceva col crescere della temperatura. Poscia nel loro combinarsi (§ 256) la tensione el.^{a} sembrava mutarsi in affinità: uno stesso principio sembra lasciar quella forma per questa.

La neutralizzazione delle 2 el.^{à} è al tutto simile a quella d'un acido e d'una base. I corpi +^{i} e —^{i} più o men perfettamente si neutralizzano con combinazione ne'fenomeni chimici, e negli el.^{i} senza quella.

Le relazioni diverse d'un corpo coll'el.^{o} alterano le sue proprietà chimiche (§ 221, 222, 262).

273. Questa dottrina, senza le ipotesi da altri aggiunte e ritenuta nella

sua semplicità, sembra così spontanea discendere dalle leggi el.e che da queste avrebbono potuto dedursi parecchi fra i principali effetti chimici, il combinarsi e neutralizzarsi degli acidi cogli alcali, il combinarsi dell'O col potassio ec. Possiamo immaginare che la cosa vada così.

Due atomi semplici eterogenei hanno diversa copia d'el.o, ma ciascuno ha ciò che gli compete e però non ha tensione: così 2 molecule composte. La loro attrazione o affinità è *quiescente*; è solo *virtuale*: si attua quando s'avvicinano (come quella delle piastre voltiane) e nasce la tensione +a in una, —a nell'altra; e meglio assai se sono (o una è) in istato nascente, poichè nascon dalle combinazioni con tensione +a le +e, e —a le —e. S'avvicinano vieppiù, e (se la troppo diversa figura o altro non osti) si combinano in una molecula. Il loro restar congiunte può attribuirsi e all'attrazione el.a (dacchè l'el.à dissimulata fra le molecule eterogenee esercita attrazione, come fra 2 nastri di seta contrariamente el.i) e all'attrazione universale, il cui effetto in tanta vicinanza non sembra trascurabile.

Mentre le molecule s'avvicinano alla combinazione, pare che debba scemare nelle —e e crescere nelle +e la capacità per l'el.o, e assai più nell'atto del combinarsi. Allora per avventura non può l'elemento —o cedere in istanti al +o quanto esso dee perdere, e il +o acquistare: se questo o quello s'imbatta in un metallo di gran capacità, qual'è il collettore del condensatore, o meglio assai se questo e quello comunichino co' fili del roometro, uno ad essi cede e l'altro da essi riceve l'el.o. Per contrario nell'analisi le molecule tornano alla primiera capacità: l'el.à +a e. g. dell'H e la —a dell O non sono più dissimulate: questo ricupera l'el.o da' corpi vicini (se non entri in nuove combinazioni) e quello ad essi lo cede. Finchè ciò non è avvenuto, un elemento sarà —o e l'altro +o (§ 235).

274. Presupposta questa dottrina, meglio s'intende la virtù dello stato nascente (L. I, § 25) in favorire lo sintesi, e ancora quella dell'alta temperatura. Questa suole accrescere la forza elettromotrice, e rendendo conduttrici le sostanze coibenti, le rende ancora elettromotrici. Di più: le 2 sostanze sogliono riscaldarsi diversamente; e tal diversità le dispone a divenire el.e.

Molte molecule, unendo le loro forze el.e, possono vincere la forza maggiore di poche. Però la massa non è senza influenza nelle chimiche operazioni (L. I, § 26).

Gli atomi e. g. di *Zn* divengono +i al contatto di quei d'O, e questi —i: le molecule d'ossido di *Zn* composte dalle 2 sostanze non pare che possano essere assai +e; nè —e quanto quelle d'O, quelle d'ac. solforico. Anche men +e o —e dovranno mostrarsi quelle di solfato di *Zn*. Così s'intende il rapido decrescere dell'affinità nelle molecule composte di ordine superiore.

275. Spiegandosi così le principali leggi dell'affinità chimica, sembra superfluo ricorrere a forze particolari di affinità distinte dalle forze el.e. Al certo non è agevole render ragione coll'esposta dottrina di tutti i fenomeni chimici; nè ciò sorprende chi ponga mente al numero immenso di questi. Molte anomalie si presentano: di alcune si dà ragione col diverso numero degli atomi. Si vede poi facilmente che possono influire ne' fenomeni, oltre al numero, la figura delle particelle, la loro relativa collocazione, la loro coerenza, la tendenza allo stato solido o all'elastico, e forse altre circostanze non indicabili *a priori*.

276. Vi sono molte anomalie ne' fenomeni chimici: sì, ma tante ne sono negli elettrici, che quelle per necessità conseguono dalla dottrina elettrochimica, e a questa farebbe piuttosto un'obbiezione la mancanza d'ogni anomalia. Si rammenti ancora che le chimiche azioni dovute all'el.à producono nuova el.à, che modificherà i fenomeni.

Resta dunque la esposta dottrina almeno nel grado di ipotesi assai verisimile. I confini consueti già trascorsi in questo capo mi vietano il trattenermi nelle applicazioni di essa (*a*).

277. Aggiungo per altro due osservazioni. Trattandosi di corpi composti che soffrono chimica azione, dee aversi riguardo allo stato el.° d' esso composto piuttostochè a quello d' un suo elemento. Così almeno a me sembra. Il *Fe* assai caldo toglie l' O all' *Aq*: l' H lo toglie invece all' ossido di *Fe*; e i due fenomeni possono avvenire alla stessa temperatura. Nel primo caso il *Fe* divien +°, attrae l' *Aq* —ª, e s' unisce al più —° dei suoi elementi, all' O, cui sembra più atto a congiungersi che non all' H o all' *Aq*, sia per la figura o disposizione degli atomi, sia per altro. Nel secondo caso l' ossido è —°, l' H +°, v' è attrazione e avvicinamento; e l'H si combina coll' O dell' ossido.

278. La seconda è questa. La tensione dell' elettromotore sempre debole, minima, e per i nostri strumenti incospicua, quando il circuito è chiuso, non può scomporre i corpi: se ciò è effetto di quella, l' effetto va in ragione inversa della cagione. Perocchè a circuito aperto la tensione è osservabile, e l' effetto chimico nullo: a circuito chiuso, questo è tanto maggiore, quanto più il liquore conduce, cioè quanto più la tensione si avvicina al zero assoluto. Ma la tensione trasformata in corrente scompone le molecule composte e caccia gli elementi nascenti verso i 2 poli: quelli che escono dalla combinazione con tensione —ª al polo +° e per converso. Ivi questi si accumulano, e prima che altrove sugli angoli e spigoli delle lastrine metalliche, se questo fanno da roofori (Nobili), il che prova una residua tensione sensibile per minime molecule a distanze insensibili; e se nulla osti, si combinano. Combinansi ancora fra loro alcune sostanze nascenti dalle scomposizioni e. g. dell' *Aq* e dell' ossido, ch' era parte di un sale metallico. Il perchè l'el.à destata nell' elettromotore non genera i composti immediatamente, ma prendendo forma di corrente, scompone le sostanze, e quindi l' attrazione elettrochimica genera i composti. Sembra che l' affinità elettrochimica aiuti talora la forza della corrente: un debole elettromotore armato con un' *Aq* acidula che non si scompone dal rame, non analizza l' *Aq* se i roofori sono di platino, ma bensì se sono di rame, e il rame +° si ossiderà. Ma in generale possiamo dire, che l' attrazione el.ª non ha per officio produrre analisi ma sintesi, che se alcuna volta produce quelle, ciò è solo indirettamente, cioè per la tendenza d' una sostanza a combinarsi a un elemento d' un composto: quando poi l' el.à di tensione diviene corrente, allora è suo officio l' analisi, la quale prepara le sintesi, dando alle sostanze lo stato nascente. Ma queste correnti, che alcune volte cominciano mentre non vi è ancora indizio di chimica azione, (§ 261) queste correnti che non si destano se non v' è il contatto, (§ 262) a chi mai debbono esse il lor primo eccitamento se non al contatto?

279. Fra le analisi ordinarie attribuite alla prevalente affinità e per lo più seguite da sintesi, pare verisimile che molte e anche la più parte producansi dalle correnti el.e destate nel contatto. Il *Fe* e lo *Zn* assai lentamente scompongono l' *Aq* comune nè la scompongono s'è ben purgata d'aria. Ma assai H rapidamente si svolge, se è nell' *Aq* l' ac. solforico. È improbabile che ad occasion del contatto dell' acido col metallo destinsi molte correnti moleculari, che passando per l' *Aq* la dividano, e l' O nascente —° sia spinto al metallo reso +° pel contatto dell' acido? Lo stesso si dica in moltissimi altri casi.

Lo *Zn* stillato purissimo è meno intaccato dall' ac. solforico e dà meno H dello *Zn* misto a un poco di piombo o di stagno, e questo meno di quel-

(*a*) *I. F.-C. T. III. Par. II. p.* 393—406.

lo del commercio. Pure il primo si trova, col roometro, +° rispetto al secondo e questo rispetto al terzo, cimentati insieme. L'analisi più copiosa non deriva da maggiore affinità, ma da correnti el.e moleculari circolanti per le particelle dello *Zn*, dell'altro metallo e del liquore; e da tal cagione procede la più copiosa analisi dell' *Aq*, se lo *Zn* è cinto da fili sottili di platino (De la Rive). Questi fatti non favoriscono la *teorica chimica;* dacchè quando la supposta cagione è minore, la corrente el.a è più poderosa.

280. Si è detto: l'esperienza mostra che il rame, il *Fe* e lo *Zn* s'ossidano nell'aria, nell' *Aq* e nelle soluzioni saline, tanto bene quando toccano altri metalli, o sono attaccati ai poli d'una pila, quanto allora che sono isolati: ma se una corrente, anche assai debole, si stabilisce, il metallo che fa da polo —° non è più ossidato. Dunque *l' el.à voltaica (e così la ordinaria) non può modificare le proprietà chimiche de' corpi*, e *perciò i principi della teorica elettrochimica di Davy e di Berzelius non possono ammettersi* (Schoenbein).

Non so se tutti ammetteranno le premesse così generali, nè se la cosa sia finora assai dichiarata. Ma lo sia quanto esser può: che ne conseguita? Che un gran numero d'azioni chimiche tribuite alla sola affinità chimica o elettrochimica sono, com' io testè diceva (§ 279), cagionate dalle correnti el.e; che un debole eccesso o difetto di el.° sulla superficie delle piastre (non già delle singole molecule) non vale ad alterare sensibilmente l'effetto delle correntine destate nel liquore o nell'aria umida, o piuttosto l'effetto della tensione —a degli atomi d'O nascenti in virtù di quelle correnti; e finalmente che la corrente voltiana, destata a occasione del contatto metallico, impedisce quell'effetto nel metallo che fa da rooforo +°, forse perchè reca ad esso l'H e caccia l'O verso l'altro rooforo. Non vedo che ciò contradica alla teorica, quale ora l'abbiamo esposta (*a*).

(*a*) *In particolare al* § *278*.

CONCLUSIONE

E CONGETTURE

281. Da quanto s' è in questo libro discorso si deduce che *generalmente le alterazioni di equilibrio molecolare, sieno esse meccaniche o fisiche in più stretto senso o chimiche, valgono a destare e manifestare quel potentissimo agente che si chiama elettricità.*

Questa el.à in forma di corrente produce effetti meccanici, calorifici, luminosi, magnetici e chimici; e probabilmente essa forza el.a è quella che nelle opportune circostanze prende nome e fa officio di chimica affinità.

282. Ma questa el.à qual cosa è ella mai? Generalmente si tiene che sia o un fluido tenuissimo imponderabile, il quale s' è in eccesso si nomina el.à +a, e il cui difetto è l' el.à —a, ovvero la combinazione di 2 fluidi detti +o e —o; o almeno si fa uso di queste ipotesi. Anche i fautori di altre ipotesi ora abbandonate, come di quella di Nollet, ricorrevano a simil fluido. Al presente alcuni fisici opinano che i fenomeni el.i non debbano attribuirsi ad alcun fluido imponderabile, ma dipendano da forze inerenti alla materia pesante destate col mezzo di particolari processi. Sicuramente non è necessario supporre pe' fenomeni el.i un fluido creato unicamente per essi: nè io dirò che l' esistenza d' un fluido produttore di que' fenomeni sia da aversi per così certa, come quella dell' acqua. Ma la sentenza, che distrugge questo *imponderabile*, se mal non m' avviso, è troppo severa, non appoggiata a sufficienti motivi, e nè pur facile a intendersi: almeno finora non è stata abbastanza sviluppata e applicata alla spiegazione de' fenomeni. Chi vuol dar credito a quella sentenza e introdurla nell' insegnamento, ci dia un corso d' el.à o almeno d' elettrostatica, studiandosi di spiegare i fatti e di collegarli fra loro, con quella chiarezza e felicità, con cui ciò si fa nelle ipotesi d' uno o di due fluidi. Solo allora potrà questa ipotesi venire a confronto colle altre due: La necessità di ammettere qualche fluido diverso dalla materia ponderabile per collegare e interpretare i fenomeni, sembra giustificare i fisici che ad esso ricorrono, e forma per avventura una valida presunzione a favore dell' esistenza di tal fluido.

283. Che il più delle volte la luce el.a si desti, almeno in gran parte, da molecule pesanti infocate pel passar dell' el.o, (§ 104) è assai provato, specialmente rispetto alle scintille magnetelettriche e a quelle dell' elettromotore semplice. Il nastro di fuoco, che guizza fra 2 punte di carbone applicate a' roofori della pila, dee prodursi dall'infocamento di molecule pesanti; specialmentente avendo Daniell osservato in questa sperienza evidentissimo il trasporto del carbone dal rooforo +o al —o (*a*). Ma chi produce in istanti l' agitazione grandissima a ciò necessaria, se per esso non passa

(*a*) Bi. Univ. Dec. *1839. p. 386.*

alcuna sostanza? Che *tutta* la luce el.ª si debba sempre a tal cagione, può credersi per analogia, benchè Davy ottenesse, visibile nell'oscurità, la scintilla d'una forte boccia di Leida, nel miglior vuoto torricelliano, allorchè alla temperatura di — 7°, o anche di — 28° C. tutto indicava mancare il vapor del mercurio. Sembra a Faraday avere osservato che tal luminosa scarica si faccia principalmente per la superficie del vetro, e pensa che se il vacuo è al tutto coibente, essa superficie possa supplire (*a*). Ma, dacchè in tal vuoto la boccia si scarica a un dipresso come nell'aria, e l'el.° vivamente scintilla ripassando nell'aria, sembra che questo possa scorrere disgiunto dalla materia pesante. L'incredibile velocità dell'el.°, quella da lui comunicata alle molecule ponderabili, che seco trasporta, gli effetti straordinarj che sui corpi organizzati e non organizzati esercitano gli apparati el.ⁱ (e. g. le grandi bocce di Leida) benchè restino immoti, la difficoltà a credere che la più piccola scintilla che esce dell'ottone e. g. o dell acciaio, ne porti seco delle particelle invisibili ec. ec. *tutto ci conduce ad ammettere l' esistenza dell' el.° come sostanza*. Questa sostanza la chiamiamo *fluido*, perchè al certo non è solida: ma quantunque questo *fluido* sembri *elasticissimo*, può tanto differire in alcune proprietà da que' che diconsi *fluidi elastici*, quanto questi differiscono da' liquidi. E qual difficoltà ad ammettere la materia imponderabile? Non ne dimostrano (L. III, § 184) l' esistenza i fenomeni ottici? Questo fluido imponderabile si concepisce diffuso almeno per tutto il globo terrestre e per l'atmosfera.

Le belle sperienze di Faraday (*b*) sulle analisi operate dall' el.à ordinaria scaricata nell' aria senza scintilla, sembrano provare, che la corrente el.ª poco copiosa induce *un' interna azione corpuscolare*, la quale è una corrente el.ª moleculare (diversa dalla corrente indultrice) destata fra elementi atti a fare una coppia voltiana, e capace di produrre analisi; ma non dimostrano che la corrente sia soltanto una comunicazione di forze elettrochimiche.

284. Ma se ammettiamo questo imponderabile, lo considereremo come unico o come composto di due, uno detto +° e l'altro —° (§ 8)? Tal questione è somigliante a quella che si agitava un tempo tra i fautori delle molecule frigorifiche e i fisici, che tribuivano il freddo solo a difetto di calorico. Questa analogia pare favorevole al sistema che nell' el.à —a vede senza più un difetto, come nel freddo e nell' oscurità. Ma però quanto all' el.à *adhuc sub iudice lis est*. In amendue le sentenze si spiegano assai bene molti fenomeni. Ci siamo tenuti alla prima, che sembra più semplice, facendo di meno d' un secondo fluido non provato, e d' infinite analisi e sintesi dell' el.°, ne' cui elementi dovrebbe supporsi una mutua attrazione, poderosissima, mentre quelli per combinarsi producono tanti e sì grandi fenomeni, ma insieme debolissima, come quella che cede alle più piccole forze, nel contatto de' conduttori, in una debole azion chimica nell' influsso d' un corpo lontano ec.

285. Sembrano poi men favorevoli al sistema de' due fluidi il *fiocchetto* del conduttor +° e la *stelletta* del —° (§ 108); le *figure di Lichtemberg*; lo scaricarsi dappersè nel vuoto d'una boccetta di Leida, passando l'el.° dall' armatura +ª alla —ª, se ben si è osservato, certi effetti meccanici della scarica, di cui qualcuno s'è accennato (§ 111); il passar dell'acqua per la corrente della pila dal rooforo +° al —° (§ 114); nel carbone infocato (§ 283) ecc. (*c*).

(*a*) Experimental Researches *N.* *1613. p. 513.*

(*b*) *Op. cit.* Fist series. *p. 127 e seg.*

(*c*) *Non solo il carbone, ma e parecchi metalli si sono veduti passare dal polo +° al —° della pila, in istato di ossido, passando per l'aria*

L' equilibrio voltiano fra due piastre metalliche si ha del pari se sieno o una +ª e l'altra —ª, o amendue +ᵉ inegualmente, o amendue inegualmente —ᵉ. Le analisi si ottengono colla pila, dentro essa e fuora, se nell' apparato sono le due el.à o se, non essendo isolata la pila, ve n' è solo una. Dunque uno de' fluidi fa lo stesso effetto che il difetto dell'altro. Le correnti della pila isolata sono, nel sistema de' due fluidi, composte di 2, una +ª l'altra —ª, in verso contrario: nella pila tutta +ª non può essere se non la corrente +ª, e la sola —ª nella pila tutta—ª. Possib. le che gli effetti sieno al tutto eguali! E se nella corrente composta delle due, una o l'altra prevale, gli effetti saranno ancora eguali? Il secondo fluido inutile a questi, sarà opportuno a' fenomeni elettrodinamici? Questi, produconsi dall' el.ᵉ in moto, e sono in ragione della continuità d' esso moto: sembra perciò che una seconda corrente contraria alla prima dovrebbe diminuirli o impedirli.

Domando poi: il fluido composto dai due, il *fluido naturale*, si condensa esso mai? si rarefà? scorre pe'corpi? Diremo che mai nulla avvenga di ciò? Ovvero che, laddove tanti effetti in queste circostanze producono i suoi elementi, esso niuno valga a produrne?

286. La *positività* e la *negatività* el.ᵉ de' corpi che palesansi dal prendere gli uni el.à +ª nel contatto, e andare nelle analisi voltiane al polo —° della pila, e per contrario, debbono dipendere, se mal non intendo, dalla el.à propria e naturale di essi corpi. Se essere +ⁱ o —ⁱ è tutta cosa relativa e vuol dir senza più aver maggiore o minor copia d' el.°, ben si comprende come e. g. il rame, il ferro, il piombo, lo stagno, sieno or +ⁱ or —ⁱ nelle sperienze di contatto, come il S vada ora al polo +°, ora al —°: così pure come nelle sperienze chimiche ordinarie esso S o altro corpo ora faccia da combustibile o da +°, ora da comburente o —°. I corpi non sono distinti in due classi, una di +ⁱ e una di —ⁱ, ma si va per gradi dal più —° al più +°. Ognun vede che uno scalino è in basso rispetto a' superiori, e in alto rispetto agl' inferiori. Ma se le molecule e. g. del rame abondano naturalmente di fluido —° e quelle dello stagno di +°, o nulla si comprende, o è d' uopo ricorrere ad ipotesi al tutto arbitrarie e inverisimili (*a*).

287. Da tuttociò io non dedurrò che l' ipotesi verisimile e felice di Franklin, d' un sol fluido el.° sia una verità dimostrata, ma bensì che *sembra poco probabile l'ipotesi de' due fluidi elettrici* +° *e* —°.

Dall' identità degli effetti, in gran parte esposti, si deduce ch' è *uno stesso il principio dell' el.à ordinaria, del così detto galvanismo, delle correnti elettromagnetiche, delle termoelettriche, o di quelle de' pesci el.ⁱ*.

288. Può ammettersi l' esistenza di un imponderabile produttore degli effetti el.ⁱ, senza supporre alcun principio, che già non ci sia noto per altra serie di fatti? L' etere, cui s' attribuiscono i fenomeni della luce e del calorico radiante, non potrebbe essere una cosa stessa coll'el.°? Rendo ciò verisimile il dedursi da' fatti della refrazione che l'etere più abondi nelle sostanze più rifrangenti, le quali poi sono quelle che diconsi elettropositive, come le men rifrangenti sono elettronegative (L. III. § 99). Senza supporre quella identità, non s' intende perchè i corpi più rifrangenti sieno tratti al polo —° della pila e per converso; e perchè quelli nelle sperienze di contatto divengano +ⁱ. So punto veggo, si presenta spontaneo alla mente d' un fisico il pensiero, che la diversa velocità della luce nelle varie sostanze, restando le stesse

comune o per l' O; o di polvere metallica passando pel vuoto, o per l' H, e pel N. Grove Bi. Univ. Juin. *1840. p. 389.*

(*a*) *I F-C. Vol. III. Par. II. p. 354-369.*

la pressione e la temperatura, dipenda dallo stato el.° delle molecule: nel sistema delle onde quella velocità tanto più è diminuita quanto più le molecule sono elettropositive. Se le sostanze +° differiscono dalle —° perchè contengono più d'etere luminoso, ciò facilmente si spiega.

289. L'aria si mette in vibrazione allorchè passa da luogo ampio in angusto. Così l'el.° desta calorico, talora con luce quando entra in conduttore troppo angusto, o angusto virtualmente, cioè non assai deferente (*a*). È sommamente verisimile che l'el°. vibri allora che corre veloce in conduttore di non grande capacità o allorchè prova ostacolo, e. g. dall'aria. Ora in questi casi, mentre esso corre a riempire, dirò così, un voto el°. e vince gli ostacoli, si eccitano vibrazioni calorifiche e luminose. Il calorico, ch'è suscitato da' fenomeni el.i, a vicenda gli eccita, e ha influenza sulle forze conduttrice, ed elettromotrice.

290. Se invece di un imponderabile diffuso per l'universo, vogliamo ammetterne due, indipendenti nell'operare un dall'altro, convien dire 1, che l'etere, le cui vibrazioni producono sì cospicui effetti, niuno sensibile ne produce, quando ne' corpi soprabbonda o scarseggia, o per essi scorre, ovvero che mai non corre per essi, nè mai è in eccesso o in difetto: 2, che l'el.° che ora ne' corpi eccede, ora scarseggia, ora corre o vola per essi mai non vibra, o se vibra tutto perde allora il suo potere, nè vale a produrre effetto sensibile Se in luogo di ammettere questo improbabili conseguenze, supponiamo l'identità dell' el.° coll' etere luminoso, svanisce, s'io mi appongo, ogni inverisimiglianza, e la natura assume a' nostri sguardi la più maestosa ed amabile semplicità. Come l'aria vibrando genera il suono, e gli effetti del vento quando è messa in moto, e altri effetti quando è rarefatta o condensata, così *possiamo supporre che l'etere vibrando produca i fenomeni della luce e del calorico radiante, accumulato o diradato alla superficie de' corpi quelli dell' elettricità +^{a} o —^{a}, e scorrendo pe' conduttori i fenomeni elettrodinamici.*

291. Abbiamo veduto (C. XVIII, XIX) che le recenti scoperte rendono affatto inutili le supposizioni d'uno o di due fluidi magnetici, e che i fenomeni magnetici, al tutto identici coi fenomeni elettrodinamici, si spiegano assai bene, supponendo delle correnti el.e circolanti in una comun direzione attorno alle calamite, o piuttosto attorno alle molecule di esse, e nel globo terrestre delle correnti circolanti da est ad ovest e più forti presso l'equatore magnetico.

292. Si oppone, che non si vede perchè debbono esistere queste correntine circolanti attorno alle molecule dei corpi, che non sono elettromotori voltaici, o anche solo attorno alle molecule magnetizzabili; nè perchè, se non preesistono, debbano destarsi durevoli e permanenti per l'azione delle correnti el.e e delle calamite, le quali noi fili metallici solo destano correnti passeggiere e brevissime. Propongo un'ipotesi, la quale, se mal non mi appongo, è assai semplice ed esclude queste difficoltà. Le molecule de' corpi sono agitate da moti vibratori insieme con quelle dell' etere intermisto: questi tremori ne costituiscono la temperatura: essi possono non essere rettilinei, ma descrivere curve chiuse. Queste curve non possono essere i circuiti moleculari de' corpi magnetizzabili? I piani di esse pare che sieno in tutte le direzioni. La proprietà delle correnti el.e di rendere a se parallele simili correnti (C. XVII) spiega come le correnti e le calamite dieno una

(*a*) Riess *colle sperienze istituite sopra undici sostanze metalliche, ha trovato, che la forza d'un metallo ritardatrice della corrente el.^{a} (o la difficoltà che un metallo oppone allo scorrer di questa) può riguardarsi come proporzionale alla quantità di calore destato dalla corrente in esso metallo.* Bi. Un. Aout 1839. p. 376.

stessa direzione a que'piccoli circuiti, (e talvolta ad alcuni una direzione ad altri un' altra normale alla prima) e li *polarizzino*. I corpi magnetizzabili saranno quelli ne' quali questa direzione s' imprime agevolmente. Si avverte che non il molto calorico, ma il *calorico de' corpi polarizzato* è quello che io questa ipotesi costituisce il magnetismo (§. 180). La temperatura alquanto bassa, ma assai superiore allo zero assoluto, ravvicinando le particelle, può accrescere l'influenza mutua delle correnti, talchè meglio debbano esse disporsi e *polarizzarsi*, e gli aghi oscillar più veloci; ma punto non giova al magnetizzarsi del *Fe* dolce per l' azione delle calamite o delle correnti el.e. L'esperienze potranno distruggere o confermare tal supposizione.

293. Si è pensato che cagione delle correnti el.e della terra potesse essere la temperatura diversa delle parti di essa terra successivamente riscaldato dal sole. Non nego a tal cagione qualche efficacia. Ma è dessa la principale o la sola? La differenza di temperatura non è grande: il calorico non è assai regolarmente distribuito sulla superficie terrestre: la parte scaldata dal sole è sempre fra due poco diverse in temperatura: il calor solare scalda solo una sottil corteccia del globo, composta ne' continenti di materie poco conduttrici dell' el.o.

294. Forse il moto dell' el.o nella terra è relativo e procede dal moto diurno d' essa terra. Forse è prodotto dall' attrazione del sole e della luna, che tende ad occumularlo e strascinarselo oppresso.

È probabile che le più energiche correnti terrestri risiedano a grande profondità, ove non penetrando l' acqua e l' aria, possono trovarsi non ossidali e però più conduttori i metalli che presso la superficie sono sempre per l'ossidazione o per altra combinazione poco deferenti.

295. Le declinazioni dell'ago calamitato, la diversità degli equatori terrestre e magnetico, i movimenti di questo e delle linee senza declinazioni ec. si debbono a forze perturbatrici nascoste nel sen della terra e perciò o in facili a determinarsi. La forza elettromotrice de' materiali, che compongono il globo, le miniere di *Fe*, e principalmente le azioni chimiche sotterranee possono esser gran parte di tali forze.

I periodi annuo e diurno della declinazione hanno tal relazione col moto del sole, che è difficile non crederli prodotti da esso. Come producansi, lo sveleranno probabilmente le osservazioni che si vanno facendo assai accurate in varie regioni.

296. Abbiamo veduto essere verisimile che l' ordinaria attrazione el.a e l'attrazion chimica sieno in fondo una cosa, e per questa attrazione elettrochimica si combinino le molecule o semplici o composte o sopracomposte: ma in queste ultime si dee meno aver riguardo alla figura (da cui pare dipendente la natura elettrochimica) degli atomi semplici componenti: perchè le proprietà o le azioni del composto dipendono principalissimamente dalla figura d'esso composto, ossia dalla disposizione de' suoi atomi elementari. Questi, entrando a far parte d'una molecula composta, alterano la loro el.à naturale (come si altera la capacità el.a d' un corpo, e. g. d'un cubo di metallo, se divien parte d'altro corpo maggiore o d'un sistema di corpi): se il composto costa di 2 sostanze e però di 2 forme, le figure degli atomi sono ancora importanti: sieno e. g. il cubo e l' ottaedro: la forma del composto s' avvicinerà al cubo o all' ottaedro o del pari ad amendue. Ma ne' corpi più composti l' influenza della natura (o figura) degli atomi elementari è minore: quando questi hanno acquistato il loro equilibrio, non si sa più quale influenza possano esercitare le loro proprietà el.e. Ciò appare principalmente nella chimica organica. L'etere solforico, libero o combinato, può perdere due proporzioni d' *H* e prenderne due di *Cl* (sostanze così diverse) senzachè sieno alterati i suoi caratteri chimici essenziali (Malaguti). L' ac. acetico cambia tutto l' *H*

nel *Cl* e diviene *ac. cloroacetico*, senza punto mutare le sue proprietà fondamentali (Dumas). Nè pure il sistema cristallino si è trovato alterato da queste sostituzioni (*a*). Sembra che ne' composti di terzo e quarto ordine, unendosi i centri di gravità di parecchie molecule, debbano risultarne forme assai composte e vicine più o meno a sfere o sferoidi: in queste la sostituzione di atomi d'una figura a que' d' un' altra può meno alterar la figura del composto che nelle forme più semplici. Queste osservazioni intorno alle figure delle molecule possono ancora render ragione del rapidamente decrescere dell' affinità ne' composti d'ordine superiore (§ 274).

297. L' el.à che tanto influisce ne' fenomeni dell'affinità chimica, e i cui segni appaiono quando le combinazioni si fanno o si sciolgono, ha essa qualche influenza ne' fenomeni d'attrazione moleculare omogenea? Sembra che sì. O la mutazione di stato o qualche chimica operazione che l' accompagna o la diversità di temperatura tra le particelle liquide e le divenute solide, desteranno le forze el.e. Le molecule cristalline, separandosi dal liquore, tendono verso le punte, verso i fili immersi nel liquore, e le parti risaltanti del vaso. Formato un cubetto di sal comune, (L. I § 50) altri cubettini vengono a cingerne il perimetro superiore, a fare una cornice e poi un'altra all'orlo esterno e superiore di questa e così in seguito, talchè si fa una tramoggia, a cui spigoli non di rado s' applicano altri cubetti. Spesso i cristalli sono cresciuti solo sugli spigoli e non sul centro delle facce che appaiono incavate. Tuttociò, e le dendriti metalliche o di ghiaccio, le stellette della neve ec. sembrano indicare la forza el.a (*b*). La repulsione fra le molecule similmente el.e pare che possa contribuire a disporle regolarmente. Il Beccaria, attaccati a un punto della linea infima di un grosso conduttore metallico parecchi fili uguali deferenti, osservava le figure, che formavano le estremità d' essi fili: se erano *3*, *4*, *5*, *7*, si disponevano come si vede nella fig. *61*, ove *ac* è la proiezione della linea infima mentovata. Una serie di fili sospesi nella linea infima del conduttore a uguali distanze, erano cacciati alternamente a destra e a sinistra in 2 file parallele; e i fili estremi divergevano un poco in fuori, come nella fig. *62*.

298. Può darsi qualche spiegazione dell' el.à che destasi nel contatto? Perocchè affermando che tale el.à può suscitarsi senza azion chimica, non però pretendiamo, che il contatto o un grandissimo avvicinamento sia alcuna cosa di più che l' occasione di quell'apparir dell'el.e. Così a occasione del contatto e non a sensibil distanza si attua la forza chimica o quella di cristallizzazione, passa da corpo a corpo il calorico repente ec.

299. Abbiamo veduta strettissima analogia tra i fenomeni di contatto e quei d' influsso ossia d'ordinaria induzione (C. IX.). In ciò differiscono, che mentre le armature omogenee della boccia di Leida e i piattelli del condensatore mentre si caricano, è d'uopo che non sieno in mutuo contatto, perchè allora la carica straniera si spande in essi del pari; al contrario le armature della boccia o i piattelli, se sieno eterogenei, si caricano senza più, stabilendo fra essi per un momento il contatto può questo farsi in pochissimi punti; ma è spediente che tutta la superficie d' un metallo sia vicina e affacciata a quella dell'altro. E egli impossibile che, come i corpi elettrizzati in + rendono —i i corpi vicini, e per converso, così i corpi naturalmente più ricchi d' el.e tendano a rendere —i i corpi più scarseggianti di esso, e questi tendano a far quelli più +i? Qui il contatto non può impedire l' effetto e porre i due corpi in istato naturale; o più tosto questo è lo stato naturale di essi corpi assai ravvicinati. Lo *Zn* a contatto dell' argento tende a render

(*a*) *De la Provostaye*. Ann. de ch. et phys. *LXXV*, 322.

(*b*) *I. F.-C. T. III. Par. II p.* 414-417.

questo —° (come un conduttore elettrizzato in + tende a indurre elettricità —ª in un altro conduttore) e l'*Ag* a far +° lo *Zn*. Una sola azione (il passar dell' el.° da quello a questo) soddisfa alle due tendenze. Una buona porzione di queste el.à resta dissimulata ne' punti del contatto (come fra 2 lastre di vetro una +ª e una —ª) o di grande avvicinamento, come nel condensatore. Non essendo abbastanza cresciuta la capacità per l'el.à +ª nelle parti del metallo +° (e così dicasi del —°) alquanto lontane dal contatto e avendo esso ricevuto quel di più che palesa tensione, forse soltanto per la sua gran forza deferente, o perchè il compagno tendeva a dargliela, facilmente lo cede, se i metalli congiungansi con un conduttore di seconda classe, e per esso i metalli, si scaricano; ma le due tendenze contrarie riproducono incessantemente il primo effetto e si ha la corrente.

300. Ma più oltre non mi conviene spaziare nelle regioni delle congetture. Troppe cose hanno ancora bisogno di nuova luce. L'uomo non può saper tutto: nè ciò che gli è lecito conoscere, apprende se non con lunghi studi, con moltiplicate osservazioni e sperienze. Molto si è fatto sicuramente da' nostri fisici e chimici, ma molto, come vero disse Seneca, e potrebbe dirlo anche al presente, molto resta a fare e molto resterà; nè a' posteri tardissimi di coloro, *che questo tempo chiameranno antico*, mancherà materia e occasione d'aggiungere alcuna cosa del loro e ampliato trasmettere a' lor figliuoli il patrimonio ricevuto delle cognizioni naturali. Sempre troverà l'uomo nuove ragioni d'ammirare la Sapienza creatrice, e insieme di umiliarsi, conoscendo a prova la sua ignoranza.

Osserviamo all'ultimo che, qualunque opinione si preferisca rispetto all'esistenza e della materia imponderabile e all'azion sua ne' tanti fenomeni, di cui s' è fatta menzione è d'uopo riconoscere che il primo impulso non può esser dato se non dal primo Motore » Non si può dire (porrò termine colle parole del celebre Davy) che nell'universo alcuna cosa sia automatica, come non può dirsi che cosa alcuna sia senza scopo. Nelle umane invenzioni si trova un imperfetto parallelo. Certe molle possono dar moto ad altre molle, e certe rote ad altre: ma il moto regolare e la buona direzione dipendono dall' artista. Per mezzo di certe onde dell'aria posson destarsi de' suoni, ed esse onde possono essere eccitate dalle corde di musicali strumenti: ma il primo impulso e la melodia debbono essere opera del sonatore » (Davy. *Filosof. Chimica. Divisione* I. §. VII.).

LIBRO QUINTO

METEOROLOGIA

CAPO I.

Dell' Atmosfera e prima della sua natura chimica.

1. Alla *Meteorologia* appartengono i fenomeni che osservansi nell' atmosfera. Di questa convien premettere qualche cosa e prima della sua natura.

Atmosfera dicesi la massa aerea che cinge il globo: è principalmente composta d' aria comune o *atmosferica*, ma contiene per accidente, per lo più in piccola quantità, varie altre sostanze. Quattro sono i principi costituenti l' aria atmosferica, nitrogene, ossigene, vapor acqueo, e acido carbonico. Ciò è certo per molte e accurate sperienze. I due primi, assai più copiosi, sono ordinariamente in proporzione quasi costante.

2. Scheele osservò che il miscuglio di due porzioni di N con una d' O ha le proprietà dell' aria comune: lo ha anche meglio se le parti del N sono quattro. Ne consegue che l'aria atmosferica consta principalmente di questi due gas, che il N è assai più copioso, e che questi gas nell' atmosfera debbono riguardarsi come semplicemente *misti*, non già come chimicamente combinati: difatto mescendo quei gas, non si ha mutazion di volume nè elevazione di temperatura. È vero che l' aria atmosferica sembra composta di 4 parti di N e una d' O: ma se dessa è un ossido, si ha qui l'unico caso d'un miscuglio fornito al tutto delle proprietà d' una chimica combinazione composta degli stessi elementi. E siccome il gas ossido nitrico si muta in ac. nitroso a spese dell'aria atmosferica, si vedrebbe altra cosa in chimica senza esempio, cioè un ossido più abbondante d' O, senza azione di corpo straniero, toglier l' O a un ossido minore della stessa base.

Lavoisier, facendo ossidare il mercurio in vaso pieno d' aria comune, riscaldato al grado dell'ebollizione del mercurio, toglieva all' aria il più del suo O: scaldando poi l' ossido così ottenuto, rinasceva il gas O. L'aria residua nella prima sperienza aveva le proprietà del N: aggiungendo l' O tratto dall' ossido di mercurio, il miscuglio riprendeva le proprietà dell'aria comune. Egli concluse da molte sperienze ch' essa è composta d' O e N, e questo è a quello: : 73 : 27.

3. Per conoscere la quantità d'O in un dato volume d'aria atmosferica (o in altri miscugli aerei), vi sono più metodi fondati sul potere che hanno diversi corpi d'assorbire l'O. Gli strumenti a ciò adoperati diconsi *eudiometri*. Assai si son celebrati quello *a gas nitroso*, *quello a fosforo*, e più

ancora quello *a gas idrogene* del Volta. Questo (Fig. 68) è un tubo di grosso vetro graduato, lungo circa 2 piedi: s' empie d' *Aq*; poscia in esso introduconsi misure conosciute d'idrogene e d' aria atmosferica, attraverso l' *Aq* che viene espulsa. Si fa scoccar nel miscuglio una scintilla el.ª tra due fili metallici, come nella pistola del Volta: il miscuglio s' infiamma e si fa un vuoto imperfetto: s' apre allora un orifizio inferiore, per cui l' *Aq* ascende e così mostra la diminuzione del volume delle aria (*a*). Dall' esperienze fatte con questo strumento deducesi che due volumi di H ne esigono per la loro intiera combustione uno di O. Dunque se brucinsi 200 misure d'H miste a pari volume d' aria comune, dee dividersi per 3 il numero che rappresenta il volume scomparso per avere il numero rappresentante il volume d' O. In un gran numero d' esperienze fatte in diverse stagioni si trovò quasi sempre la diminuzione di volume = *126*, che diviso per *3* dà *42* per la quantità d' O in *200* d' aria: dunque un volume d' aria = *100* ne contiene uno d' O = 21: a tal conseguenza ha guidato ancora l' eudiometro a fosforo.

Dobereiner propose d' impastare coll' argilla il platino spugnoso e polverizzato, e farne pallottole: queste si arroventano, dopo averle diseccate, e poi lasciansi sul mercurio in un miscuglio d' aria comune e H: la combinazione di questo coll'O è lenta e oscura. Quando il gas più non diminuisce, si tolgono le pallottole e si misura il residuo.

T. De Saussure, propone il piombo: una quantità di granellini di piombo bagnati e agitati con l' aria ne assorbono l' O: con un' agitazione di *3* ore al più si conosce la quantità d' O nell' aria fino a un millesimo. L' *Aq* che s' aggiunge al piombo secco debb'essere $= \frac{1}{17}$ del peso di questo, a un dipresso $\frac{1}{5}$ del peso dell' *Aq* che ci vorrebbe a empire il vaso di vetro, ove si opera. Trova con questo mezzo in *100* parti d'aria $21\frac{5}{100}$ O e ac. carbonico che dà $21\frac{1}{100}$ O in circa (*b*). Può anche farsi assorbire l' O dell'aria da una lamina di rame (o d' altri metalli più ossidabili) bagnata d' ac. solforico o idroclorico o acetico.

4. La copia relativa dell' O non varia sensibilmente nelle diverse latitudini, ne' luoghi d'aria cattiva e ne' salubri, all' aperto, ed ove s' è raccolta molta gente, purchè il luogo non sia affatto chiuso. Ciò mostra che l' insalubrità dell' aria per lo più non nasce dal mancar dell'O, e che l'*eudiometro* non misura la salubrità dell' aria, come indica il suo nome, ma rivela soltanto una delle cagioni, che possono renderla insalubre, cagione funestissima si, ma assai rara. Talora s'è osservato l'O un pò men copioso sugli alti monti e nell' elevate regioni percorse da alcuni aeronauti. Può dare ragione di ciò il peso specifico dell'O maggiore di quello del N. poichè benchè i gas che svolgonsi a basso tendano a mescersi, i più pesanti ascendono lentamente (L. I. §. 93.). S'è pure trovato scemare un poco l' O dell' aria dalla state al verno: la vegetazione è troppo debole nel verno, come sempre ne' monti assai alti, ove non vivono alberi: le foglie e l' altre parti verdi delle piante assorbono ac. carbonico (scomponendolo in carbonio e O, ovvero in ossido carbonico e O) ed esalano O sotto l' azione de' raggi solari.

5. L' aria che resta, toltone l'O ritiene un pò d'ac. carbonico: s' è trovato nelle cime delle Alpi, ove fra perpetue nevi non vivono animali, e nell' aria recata dalle alte regioni dell' atmosfera in viaggi aerostatici. Esposta all' aria una soluziune alcalina, e. g. di calce o di barite, assorbe ac. car-

(*a*) *Intorno alla costruzione di questo eudiometro v. Gay-Lussac*, Ann. de ch. et phys. *1817* Janv. *1837* Dec.

(*b*) Ann. de Ch. et Ph. *1836* Juin p. *219*.

bonico e divien carbonato, il cui peso ne dà la copia dell'ac. T. De Saussure trova che l'ac. carbonico occupa circa *o, 00049* del volume dell'aria: ma la quantità varia ne' diversi luoghi. È più copioso a temperatura elevata, meno sopra il centro d'un lago o sull'alto mare che presso la riva, meno ne' campi che nelle città, meno la notte che il giorno.

6. Sempre nell' atmosfera è un poco di vapor d' *Aq*, il quale, a pari temperatura, ha forza elastica eguale a quella del vapore che si fa nel vuoto. La copia d' esso vapore generalmente decresce colle altezze; poichè il vapore, che si leva dal globo terracqueo, si dilata salendo a strati più ampli; nè in alto, ov' è sempre bassa temperatura, gli è permesso addensarsi senza perdere lo stato elastico, e senza discendere. Dalton pensava la quantità media del vapore nell' atmosfera fosse circa *o, o142* del volume di quella.

L' H non si trova nell' atmosfera se non in quantità piccolissima e probabilmente in istato di carburo d'H (*a*). Lo scomporsi de' corpi organici dà continuamente H all'aria, ma la fermentazione di simili corpi e del terriccio vegetabile, lo combina coll'O (*b*). Altre sostanze si trovano accidentalmente nell'aria, specialmente bassa, per le esalazioni terrestri o per altro. Astraendo da' principi troppo scarsi o accidentali, suol dirsi che *100* parti d'aria atmosferica sono = *21* O + *79* N (*c*).

(*a*) ***Boussingault***. Ann. de Ch. et Phys. *1834* Oct. *p. 172*.

(*b*) ***Saussure*** Bi. Un. *1838* Fevr *p. 380*.

CAPO II.

Di alcune Proprietà fisiche dell' Atmosfera.

7. Il peso specifico dell'aria atmosferica a o°, e sotto l'ordinaria pressione barometrica è $\frac{1}{770}$ di quello dell' *Aq* o circa.

La pressione che l' aria esercita dipende non solo dalla sua massa, ma eziandio dalla elasticità, e questa dalla temperatura, e forse sente anco l'influenza dell' elettricità.

L' aria pel suo elatere tende a sempre spandersi: pare da ciò che non pure debba essere indefinita l'estensione sua, ma che dovrebbe avere già da gran tempo abbandonato la terra. Dacchè tuttora la cinge, è da dire, che nell' alto ove la temperatura e l' elatere sono assai diminuiti, questo decresca più rapidamente della gravità terrestre; e là sia il termine dell' atmosfera ove le due forze si contrapesano. È probabilissimo che a certo grado di rarefazione le molecule aeree non esercitano alcuna forza le une sull' altre per cui sieno e debban dirsi elastiche: queste formeranno lo strato ultimo dell'atmosfera e premeranno sulle inferiori (*d*).

8. Se l' atmosfera fosse densa dovunque come è al livello del mare, saria men alta delle cime d' alcuni monti ciò deducesi dal confronto tra il suo peso spec. e quello del mercurio: ma siccome la sua densità va sempre decrescendo, l' altezza è assai maggiore. Da' crepuscoli mattutino e vespertino s' è dedotto che l' aria, assai densa per riflettere sulla terra la luce del sole, s' inalza tra *60000 e 70807* metri. Togliete la riflessione atmosferica: il cielo non appare azzurro ma nero; tutto è oscurità ne' luoghi non esposti a' raggi del sole o diretti o riflessi da' corpi terrestri;

(*c*) ***V. Avogadro***. Fis de'corpi ponderabili. *T. II. p. 882 e seg.*

(*d*) *I. F. C. V. 12. **V. Avogadro** l.c. p. 517 e seg:*

non più crepuscoli: notte e dì si succedono per salto. È l'atmosfera che ci riflette i raggi del sole ch'è sotto l'orizzonte, e quanto più è alta, tanto è più atta a rifletterceli a maggior distanza del sole dall'orizzonte. L'aurora comincia all'incirca mentre il sole è 18° sotto l'orizzonte. Calcolando l'altezza dell'aria riflettente, che risponde a tale abbassamento, s'è avuto il risultamento accennato. Ma si è tacitamente supposto che i raggi del sole, indicatori de' limiti del fenomeno, sieno stati riflessi solo una volta; e non è provato che dopo più riflessioni negli strati aerei sieno essi troppo indeboliti per esser sensibili: è anzi probabile che più riflessioni cooperino a dispergerli nell'aria e che in qualunque direzione de' raggi più volte riflessi faccian parte del fascetto che arriva all'occhio. Però l'altezza dell'atmosfera atta a riflettere i raggi solari può esser minore di ciò che s'è detto. Biot ora crede che non arrivi a 47000 metri (a). Per contrario si può credere che un'aria men densa s'estenda assai di là dal termine di tal riflessione.

Il crepuscolo della sera suol esser più lungo di quello del mattino, poichè l'aria dilatata dal calore dopo il meriggio ascende. Forse questa cagione prolunga talora più del consueto i crepuscoli nella state. Per altro quando a straordinario prolungamento ed energia straordinaria di luce crepuscolare sembra congiunta la diffusione per l'aria di qualche straordinaria sostanza, è ragionevole a questa tribuire l'effetto (b).

9. L'aria atmosferica, che sempre ha seco del vapor acqueo, riflette più che gli altri i raggi azzurri e dà il passo principalmente al rosso. Un gran cerchio nero, lontano e. g. un miglio, su cui non cadano i raggi solari, con un cannocchiale acromatico si vede azzurro, tanto più intenso quanto più è lungi. Al contrario una luce bianca e splendida guardata di notte buia con tal cannocchiale, appare giallo-rossigna e la tinta è più piena se cresce la distanza. Nel primo caso vengono a noi i raggi riflessi dall'aria, nel secondo quelli cui essa dà il passo. Quindi l'azzurro del cielo il quale tanto più biancheggia quanto ha in se più di vapori, e tanto più è bruno quanto più l'aria è secca, dilatata e poca: sui monti nevosi può anche parer più nero pel contrasto. Quindi l'oro e le *rosee dita* si celebrato dell'aurora: quindi i non meno vaghi e più vagheggiati colori del cielo dipinto dal sol cadente. Quindi la luna ecclissata s'ammanta di color rosso di rame. Gli alberi e i monti scuri non vagliono a smorzare l'azzurro, che loro sovrainduce l'aria illuminata, ch'è tra essi e l'occhio; onde, se non sieno illuminati dal sole direttamente, veggonsi tinti d'azzurro, tanto più carico, quanto più son lontani. Non è il lor colore quel che vediamo, ma si quello dell'aria frapposta.

CAPO III.

Delle Variazioni del Barometro.

10. L'altezza della colonna barometrica, e perciò la pressione atmosferica, non è costante in un dato luogo. Il barometro s'è chiamato *profeta del tempo*: e invero, se molto si abbassi sotto l'altezza media, suole indicare procelle, venti e sconvolgimenti atmosferici anche i meno straordinari abbassamenti spesso precedono la pioggia, come gli inalzamenti il bel tempo.

Se cresce la pressione in una massa d'aria, le nuvole che sono in essa e per avventura scioglievansi in pioggia, ascendono ove, trovando spazio maggiore e spesso aria più secca, facilmente si dissolvono in vapore elastico, e ciò aumenta la massa elastica e la tensione atmosferica, il cui aumentarsi fa si che ascenda il barometro. Al contrario scemando il peso e la pressione dell'aria, scende il-

(a) Comptes rendus... 1839. sem. 1. p. 100. sem. 2. p. 174.

(b) I F-C V. 14.

barometro, e le nuvole anch' esse e i vapori vescicolari scendono ove abbondando per lo più l' umidità, facilmente si genera pioggia. Di più: il crescere o lo scemare della pressione in un luogo produce correnti aeree, che tendono a ristabilir l' equilibrio; e queste sono nel primo caso divergenti da quel luogo, e convergenti nel secondo. Le prime potranno generare siccità, le seconde umido, nuvole e pioggia. Inoltre, crescendo la pressione, l' aria si condensa e s' alza la temperatura, e per converso: tal variar di temperatura non è molto grande, ma avvenendo in grandi masse d'aria e lungi da corpi conduttori del calorico, posson fare elastico parte del vapore vescicolare nel primo caso, e il contrario nel secondo.

La pressione può crescere pel mutarsi del vapore vescicolare in elastico, o pel condensarsi dell' aria. Ma i venti sembrano la cagion primaria delle accidentali variazioni del barometro: questi nati dagli sbilanci della pressione aerea sono a vicenda cagione di simili sbilanci, anche nell' aria elevata, mentre cangiano la temperatura, dilatano o condensano l' aria e spesso sono essi stessi aria ascendente. Al soffiar de' venti generalmente il barometro non suol tenersi molto alto.

Le piccole variazioni delle pressioni atmosferiche non sono generalmente contemporanee in luoghi distanti tra loro 15 o 20 leghe. Ma i grandi inalzamenti, e anche più i grandi e repentini abbassamenti del barometro si estendono a un tempo a distanze grandissime (*a*).

11. Il *periodo barometrico* diurno è ora assai certo. Si osserva anche fra noi; ma nella zona torrida è più sensibile, più regolare, più facile a osservarsi. È composto di due movimenti d'ascensione e due di discesa: la colonna barometrica è alla maggiore altezza tra le *8* antimeridiane e le *10* $\frac{1}{2}$; alla minima tra le *3* e le *6* dopo mezzodì; di nuovo alla massima tra le *9* e mezzanotte; e di nuovo alla minima tra le *3* e le *5* dopo mezzanotte: le due prime variazioni sogliono esser maggiori.

Nella nostra zona temperata sonosi osservate più volte le variazioni barometriche in un' alta gola o sul pendio d' un monte, opposte a quelle de' luoghi bassi. S' è pensato che il calor crescente del giorno, dilatando l'aria bassa, l'inalzi, e porzione di questa si gitti sulle colonne più corte, e così cresca la pressione sul barometro superiore e scemi sull' inferiore. Sembra che le oscillazioni barometriche scemino colla temperatura: ma l' allontanamento dall' equatore le diminuisce indipendentemente dal calore. L'ampiezza media delle variazioni pare che sia nella zona torrida tra 2 e 3 mm, a Chambery 1 mm, a Parigi 0, 72 ecc.

12. Se l' attrazione della luna e del sole fosse cagion sola del *flusso* atmosferico, le ore *limiti* (de' massimi e do' minimi) non sarebbero, durante una stagione, a un dipresso costanti. Tal flusso dee ancora dipendere dall' elevazione e abbassamento periodico del mare, base mobile di gran parte dell' aria, e dal variare dell' attrazione della massa acquea a cagione del cambiamento che succede nella sua figura. Un periodo diurno dee poi cagionarsi dal calor solare cagione dell' ascender dell' aria e dell' evaporazione e però de' fenomeni che ne conseguono (*b*).

(*a*) *Brandes*. De repentinis variationibus in pressione atmos. *1826*.

(*b*) *V-Carlini* Sulla legge delle variazioni orarie del barom. Soc. *Ital. T. XVI. 1828.*—*Avogadro l. cit p 435. Per esplorare la pressione dell' aria, e insieme la sua temperatura e umidità, propone il sig. colonnello M. A. Costa un ingegnoso strumento, che chiama* barotermoigrometrografo, *da potersi lanciare in aria in un globo aerostatico.*

CAPO IV.

Della temperatura della Terra e dell'Atmosfera.

13. Le cagioni che determinano la temperatura, che si prova presso la superficie terrestre sono i raggi del sole e delle stelle, l'atmosfera, e il calore interno della terra. Porzione de' raggi calorifici radiati dal sole è assorbita da' corpi terrestri; perciò il calore del globo crescerebbe incessantemente, se o la terra non radiasse calorico o il suo radiare non bilanciasse la cagione indicata d'aumento di temperatura. Poniamo che la terra avesse da principio temperatura assai più alta dell' attuale: è da credere che allora più radiando perdesse di cal°. più che non riceveva, finchè per gradi giunse all' attuale temperatura. Astraendo da ogni supposizione, non si osserva che sensibilmente cresca o cali al presente la temperatura media della terra e di quella sua poca corteccia, che conosciamo. Laplace crede dimostrato che la temperatura della terra non ha cangiato di $\frac{1}{2}^{o}$ C. da 2000 anni in quà.

14. Il calore prodotto dal sole, a pari circostanze è in ragion della copia dei raggi incidenti e dell'angolo che questi fanno colla superficie del globo. Se la via apparente del sole fosse sempre l'equatore, sarebbero sempre uguali giorno e notte e il riscaldamento saria in un dato luogo lo stesso in ogni stagione. Ma, per l'obliquità della via del sole i luoghi posti tra i tropici, ciascuno ha solo due volte l'anno il sole al zenit, e il dì e la notte sono uguali soltanto sotto l'equatore. Fuori de' tropici il sole mai non ascende al zenit e tanto meno s'alza sull'orizzonte quanto è maggiore la *latitudine* cioè la distanza dall'equatore: però tanto più freddo è un paese, quantopiù avvicinasi al polo, ricevendo più obliqui i raggi solari. Talora nelle zone temperate, anco non assai lungi dalla fredda, il calore d' alcuni giorni estivi eguaglia quello della zona torrida. E da por mente che nel verno i dì son piccioli e i raggi assai obliqui; nella state la lunghezza de'giorni maggiori di quelli della zona torrida, compensa l'obliquità de' raggi. Astraendo dalle particolari cagioni, fra due regioni una più che l'altra lontana dall' equatore, la differenza di temperatura, nel verno è in ragion composta delle due cagioni solari, nella state è uguale alla differenza di esse cagioni solari. Benchè paiano uguali le circostanze, l' effetto del calor solare può non essere uguale, anche a pari trasparenza dell'aria. Il Melloni, ripetendo l'analisi del calor solare (L. III, § 56) con prisma di sal gemma in diversi giorni, sotto un cielo perfettamente limpido, trovava la massima temperatura ora più ora meno lontana dall'estremità visibile dello spettro: ne concluse che i raggi calorifici sono più o men impediti, secondo certe ignote vicende atmosferiche non influenti sulla trasmissione de' raggi lucidi.

Il maggior calore non suol sentirsi (almeno nelle zone temperate) circa il solstizio estivo, quando il dì è maggiore e il sole più s'appressa al zenit, ma 25 o 30 giorni dopo o in quel torno. L' effetto d' una cagione continua e variabile è massimo, non allora che è massima l'azione della cagione, sì allora che l'incremento rispondente al continuar di essa diviene uguale al decremento; il quale nel caso nostro si dee al radiar notturno della terra. Così il massimo calore del dì non suol provarsi al meriggio, ma tra una e tre ore dopo. Le 9 del mattino e le 8 della sera rappresentano all' incirca la temperatura media del giorno. Dicesi che, per l' agitazione dell'acqua, la temperatura dell'aria sul mare spesso cresca e cali in un col sole. Per altro l'acqua stessa del mare sovente giunge al massimo calore qualche ora dopo il meriggio.

15. La *temperatura media* dell'anno in un luogo è in ragione del riscaldamento ivi prodotto nell' anno: e $\frac{1}{365}$ della somma delle *temperature*

medie de' giorni di quell' anno. La *media* d'un giorno è la media di quella di tutte le porzioni che la compongono: si ha a un di presso osservando ogni ora il termometro esposto all' aria. Freicenet conclude da molte osservazioni che, osservando la temperatura alle 2 e alle 8 dopo mezzanotte e dopo mezzodì si trova la *media* più esattamente che non osservando la *massima* e la *minima*. Da molte osservazioni si deduce che la semisomma delle temperature osservate a due ore dello stesso nome, specialmente alle $8\frac{1}{2}$ a. m. e alle 8 p. m. dà esattamente la media del giorno.

Le variazioni diurne di temperatura sono, in Europa, sensibili fino a circa un metro o poco più sotto il suolo, e le annue a più di *20* metri. A un di presso alla profondità di *20* o di *23* m. dee trovarsi *lo strato di temperatura invariabile*, cioè quello ove la maggior variazione di temperatura annua non è più di $\frac{4}{100}$ o $\frac{5}{100}$ di 1.° C. Per giungere dalla superficie del suolo a questa profondità, pare che il calor della state e il freddo del verno impieghino un anno o più (*a*). Nelle diverse latitudini la profondità di tale strato ossia del termine delle influenze esteriori è varia.

Ecco un saggio della temperatura media di alcuni luoghi del nostro emisfero.

	Latit.	temp. C.
Cumana.	10,°20°	+ 27°
Napoli.	40,50	17,4
Roma.	41,54	15,7
Milano.	45,28	15,2
Parigi.	48,50	10,8
Amsterdam.	52,22	11,9
Londra.	52,30	+ 10°, 3
Dublino.	53,21	9,5
Edimburgo.	55,57	8,8
Pietroburgo.	59,56	3,8
Capo Nord.	71,30	0
Isola Melville.	74,45	—18,5

16. Più si sale su' monti e più la temperatura s' abbassa; ma tanto meno rapidamente quanto maggiore è la mole del terreno elevato. Oltre al freddo dell' aria, ciò dipende dall'irradiazione men compensata, specialmente in un cono campato in aria, e dall' evaporazione maggiore in un mezzo raro e asciutto, principalmente nelle cime, che s' ergono sopra i nuvoli più densi. Inoltre l' azione del sole su ciascun lato d' un monte non dura che poche ore.

Crescendo il freddo in un coll'altezza, debb' essere a ogni latitudine un termine, ove la neve è perpetua. Il termine estivo delle nevi trovasi di ragione più basso a misura che si va verso i poli: non mancano anomalie prodotte da cagioni locali.

17. La trasparenza, la mobilità e il gran calore specifico dell' acqua la rendono men della terra atta a riscaldarsi e a raffreddarsi: pel suo poter radiante e per l' evaporazione la sua superficie assai si raffredderebbe, se le parti raffreddate non tendessero al basso: ne' tempi caldi l' evaporazione la rinfresca. I moti del mare mescendo acque di latitudini e profondità diverse, s' oppongono alle temperature estreme. Però vicino alle masse d'acqua il clima suol essere più temperato.

La massima temperatura osservata in un termometro esposto all' aria libera, all' ombra, è + 50° C. Un termometro elevato dal suolo *6* piedi o circa e ben difeso da ogni radiazione, in niun luogo della terra si sa che ascenda a 46° C. nè sull'alto mare oltre a 31.° L' acqua del mare alla superficie mai non ascende a 30°. Il massimo freddo naturale osservato nelle regioni polari è — 57° (*b*). La tem-

(*a*) Bi. Un. Fevr. *1839. p. 196.*

(*b*) *Cap. Back.* Comptes rendus.... *1836* sem. *1. p. 575.*

peratura media della superficie del globo sembra all' incirca + 12.°

18. La superficie della terra è riscaldata eziandio dal raggiamento delle stelle, che dee mantenere il sistema, planetario, ch' è come chiuso in un ricinto di stelle, a temperatura assai maggiore di quella che avrebbe senza esso; e siccome è affatto inverisimile che le varie parti di tal ricinto riscaldino egualmente la terra, così è possibile che due porzioni della superficie terrestre sieno diversamente riscaldate dal calore stellare, e. g. che l'emisfero australelo lo sia meno del boreale, la cui temperatura media è di fatto maggiore..

L' atmosfera, riscaldata dagli astri e dalla terra, influisce essa pure, ma poco, sulla temperatura della terra, per riflessione, per raggiamento e pel contatto.

L'effetto dell' azion diretta del sole è poi assai diverso mercè la diversa facoltà che hanno i corpi di radiare, di assorbire e di trasmettere il cal.°, la varia trasparenza dell' aria, l' umidità della terra e dell'aria, la diversa configurazione ed elevazione de'terreni, la loro esposizione rispetto a' diversi punti dell'orizzonte, il vario soffiar do' venti, e forse per altre cagioni. Perciò trattando della distribuzione del calore sulla superficie terrestre, l'indagine divien così difficile, che non si può procedere se non per moltiplicate osservazioni. Però le linee *isoterme*, che congiungono in una carta i luoghi di temperatura media uguale non sono parallele all' equatore, ma bizzarramente ondeggianti. I venti che muovono dalle regioni vicine all'equatore sogliono far discendere il barometro e salire il termometro: per converso que'che spirano da' climi polari.

19. *La temperatura decresce a mano a mano che c'inalziamo nell'atmosfera.* La terra scaldata dal sole radia cal.° in tatti i versi: questa radiazione sembra la cagion precipua del calore dell'aria; specialmente dell'aria alquanto elevata. I raggi solari trapassano pei corpi diafani senza troppo scaldarli; non così i calorifici oscuri: può dunque credersi che i primi poco riscaldino l'aria, o almeno che l aria superiore dilatata, pura, e trasparente meno per essi riscaldisi che pe' raggi oscuri radiati dalla terra. Le nuvole si che riscaldansi pe'raggi solari e l'osservazione le ha mostrate più calde dell' aria pura a eguale altezza. Ora la forza del cal.° radiato dalla terra decresce assai più rapidamente di quella del calor solare, attesa la distanza tanto maggiore del sole. Un'aria ch' è un miglio più vicina al sole d' un'altra, a pena può dirsi riceverne più calore, prescindendo anche da ciò che i raggi, entrando nell'aria, per la refrazione alcun poco curvansi e condensansi. Ma se due volumi d'aria distano dalla terra, uno un miglio, l'altro due, la superficie di questo non riceverà più che la quarta parte del cal.° che arriva al primo, astraendo ancora da ciò che l'aria meno elevata, e però più densa, e più vaporosa, ritiene gran copia del cal.° emesso da debol sorgente, o quello che attraversa tal'aria molto più è atto a trapassare la superiore men vaporosa, e men densa, o però fornita di gran capacità pel cal.° e meno atta a giungere a una data temperatura.

Sembra che l'aria debba per contatto acquistare la temperatura della superficie del globo; ma questa comunicazione per contatto è sì lenta che talora s' è trovata differenza di 8 o 10° C. tra il suolo e l'aria a 2 poll. d' altezza.

La differenza di temperatura tra i luoghi bassi ed elevati s' è trovata minore di notte che di giorno nello piccole altezze, e. g. di 10 o 20 metri, non di rado la temperatura cresce coll'altezza: ciò suole avvenire la notte (e specialmente subito dopo il cader del sole), a cielo sereno e aria tranquilla e ancora, ma meno, a cielo coperto, salvo il caso di forte vento: è effetto del raggiamento; che si osserva meglio nel verno, allorchè il suolo è coperto di neve. (Pictet, Six, Marcet).

20. Molte cagioni passeggiere e locali influiscono sulla temperatura delle varie parti dell'atmosfera; i venti, le nuvole, la vicinanza de' monti,

i ghiacciai ec. È facile vedere che le cagioni generali o particolari di riscaldamento e raffreddamento tanto meno operano sull'aria quanto essa è più elevata. Dunque nell'aria non troppo bassa le temperature del dì e della notte, della state e del verno s'avvicinano tanto più all'eguaglianza quanto più il luogo è elevato: ciò è confermato dall'osservazione.

21. A motivo delle cagioni perturbatrici accidentali e del decrescere della temperatura inegualmente a diverse altezze, non può determinarsi l'altezza cui risponde 1° di raffreddamento. Gay-Lussac nell'ascensione aerostatica fatta a Parigi in agosto vide il term.° scendere 3°, 2 C. all'altezza di *2700* met: mentre s'abbassò di *40°, 25*, quando nel mese seguente salì fino a *6980* met. (scese a — *9, 50*: presso terra segnava + 30°, *75*): ciò dà, termine medio, 173 met. per *1*° C. Humboldt sulle Cordigliere trovò, dal livello del mare a *1000* met. il raffreddamento = 1° C. per *170* met.; da *1000* a *2000* m. di *1.°* per *294* m.; da *2000* a *3000* per *232*; da *3000* a *4000* per 180. Gay-Lussac nel secondo volo da *5000* m. in su trovò il raffreddamento di *1.°* per *134* m.

22. Per altro i raggi solari non esercitano minor azione immediata sui corpi, ossia la lor forza riscaldante non è minore, ne' luoghi alti che ne' bassi, come sperimentò Saussure e più recentemente altri fisici (*a*). Anzi nelle alte regioni si sperimenta poderosa la forza di que' raggi o diretti o riflessi dalle nevi. Nell'aria assai alta la combustione riesce difficile, ma solo per la rarità dell'ossigene. Nelle regioni equatoriali l'effetto calorifico de' raggi solari è maggiore che altrove.

23. ***Discendendo nell'interno della terra da circa un piede sotto la superficie la temperatura va indefinitamente crescendo.*** Questa proposizione è ora assai certa. Troppo sono le osservazioni, che la certificano fatte nelle miniere d'Europa o d'America, ne' pozzi in Europa e nelle Indie, e ne' fori profondi pe' pozzi detti *artesiani* (*b*); sembra per altro che immediatamente sotto la superficie del suolo, a profondità di circa $\frac{1}{2}$ piede o *1* piede, sia uno strato ove la temperatura media è la minima. Da un certo numero d'osservazioni fatte a varie profondità, almeno fino a *400* met. pare che il crescer della temperatura sia a un dipresso regolare, e di circa 1.° C. per *31,5* m. o 32: se così è, ne' nostri climi basterebbe scendere meno di 3200 m. per trovarci alla temperatura dell'acqua bollente. Ma qual legge segua la temperatura a profondità assai maggiore delle osservate, non possiam saperlo. Non conosciamo più che una sottil corteccia del globo su cui strisciamo; e sotto questa vano è discendere solo coll'immaginazione e colle congetture.

Il calore interno del globo dee trovarsi vario alle medesime profondità, ancorchè i luoghi, donde si parte, sieno del pari elevati sul livello del mare. Possono influire su tal diversità, la natura de' terreni che hanno diversa capacità pel cal.° e inegual virtù deferente, la comunicazione coll'aria non sempre egualmente impedita, la vicinanza de' vulcani o de' luoghi ove si operano le chimiche mutazioni che danno origine alle acque minerali, termali e ad altri effetti sotterranei (*c*), le correnti d'acque sotterranee ec.

Pretermetto le ipotesi proposte per ispiegare il calore interno della terra. Accenno soltanto che Hansteen ha raccolto de' fatti, da' quali conseguita che la temperatura è assai minore presso tre de' suoi poli magnetici (L. IV. § 124) che non altrove alle stesse latitudini. Mancano osservazioni relative al quarto polo situato, secondo lui, nel mare dell'Indie. Le correnti

(*a*) *Nella* Bibl. Un. *1837* Juin. *p. 390, è figurato* l'actinometro, *specie di term.°, di cui ora si fa uso in queste indagini.*

(*b*) *I. F. C. VI. 74—76.*

(*c*) *I. F. C. VI. C. IX, X, XI.*

elettriche della terra e le traslocazioni, che sembrano doversi in esse ammettere, non ispiegheranno, almeno in parte, le differenze tra i climi fisici e geografici, l'accumularsi de'ghiacci in certe epoche e i cangiamenti dei climi nelle regioni circumpolari (a)?

CAPO V.

De' Venti.

24. *Il vento è una corrente d'aria.* (,, Ventus est fluens aer, et flumen est fluens aqua,, Seneca *Nat. Qu.* III. 12.) Soffia da qualunque lato, e riceve diversi nomi dalla plaga onde muove: i quattro principali venti diconsi *nord* o *tramontana* (borea), *est* o *levante*, *sud* o *mezzodì* (austro), *ovest* o *ponente*: gl' intermedi a questi sono N-E (nord-est) o *greco*, S-E o *siroceo*, S-O o libeccio (*garbino*), N-O o maestrale. Ora corrono parelleli ora obliqui all' orizzonte. La velocità del vento ora s'è trovata di metri *35*, *4* per *1*", ora di 39 m. Un globo aerostatico lanciato in aria a Parigi (16 dicembre 1804) cadde 22 ore dopo nel lago di Bracciano, non assai lungi da Roma, percorrendo in tale spazio di tempo all'incirca 300 leghe. I men veloci venticelli diconsi in *1*" percorrere 448 millimetri.

Spesso si vede, chi osserva le nuvole, cho il vento, dopo aver soffiato nelle alte regioni dell'aria, discende presso terra. Alcune volte accade l'opposto.

25. Tuttociò che produce aumento o diminuimento di tensione in una porzione dell' aria può esser cagione del vento; poichè l'aria accorre dal luogo ove ha più di tensione a quello che ne ha meno.

I venti propogansi o per impulsione o per aspirazione: nel primo modo, quando il soffio e la propagazione hanno la stessa direzione, come avviene d' una corrente d'aria ch'esce d'un recipiente ove l'aria è condensata: si propagano per aspirazione, allorchè sono opposte le direzioni del soffio e della propagazione, come quando l' aria, rientrando nella campana pneumatica, si muove verso il pertugio; ma il moto propagasi inverso opposto, e i punti più lontani sono ultimi a ricevere l'impressione.

La più comune cagione del vento è la mutazione della temperatura. In una camera; ov' è acceso il camino, l'aria scaldata e rarefatta s' innalza, e l' aria esterna muovesi ad occupare il luogo di quella che ascende. Porzione di questa si porta all'alto della camera; ond' è che se ponete due candele accese, una presso il suolo e l'altra vicino alla volta, le due fiamme s'inclinano in versi opposti. Se una massa d'aria libera si condensa pel freddo, discende e l'aria circostante accorre sopra il luogo della condensazione, e l'aria condensata si sparge in giro. Una cagione del vento può essere il pronto condensarsi d' un gran volume di vapore elastico in vescicolare e di questo in pioggia: un gran vuoto, benchè imperfetto, dee prodursi in tale spazio.

26. Il vento che dicesi *costante* o *aliseo* spira costantemente: in certe contrade fra i tropici è un vento d'est, ma nell'emisfero boreale è misto di N-E e nell' australe di S-E. Il sole è sempre al zenit di qualche punto della zona torrida; o questa vede ogni di elevarsi a grande altezza il sole, che vi mantiene temperatura assi più alta che nelle regioni polari. L' aria scaldata si dilata e ascende: viene a occuparne il luogo l'aria più fredda, e però più pesante, che penetra da' due lati nella zona torrida, radendo la superficie. Quando l'aria elevata è giunta di là del suo livello, non più trattenuta da pressioni laterali sufficienti, si rovescia di quà e di là verso i poli; avanzando verso questi, a mano a mano si raffredda, e torna al basso a prendere il luogo di quella che s'è portata alla zona torrida: così si stabilisce una circolazione continua. La velocità di rotazione de' punti della superficie terrestre

(a) *I. F-C. IV. C. II, III, IV.*— Ved. *Quetelet* Sur le variations diurne et annuelle de la temperature .... Bruxelles. *1837*.

cresco da' poli all'equatore. L' aria tranquilla partecipa del moto rotatorio del luogo ove si trova: ma s' è spinta da' poli all'equatore, passa da' luoghi ove la velocità è minore a' luoghi ove è maggiore, e gira men veloce della superficie, su cui trovasi. Però le correnti aeree che vengono ver l'equatore, sembreranoo andare da E ad O in verso cootrario al globo: ond'è ch'esse correnti, che senza il moto della terra produrrebbero venti N e S, haono anche direziooe verso O, e i venti sono N-E e S-E. A misura che l' aria procede verso l'equatore, acquista più velocità di rotazioое strisciando sul globo: ne siegue che la teodeoza dell'aria a soffiare da E dee scemare a misura che s'avvicina all'equatore. Io vero per alcuoi gradi di quà è di là da esso quasi oulla cresce la velocità di rotazione e la terra più facilmente riduce l'aria a una quiete relativa. Arrivata all'equatore l'aria ooo è più spinta da E ad O e le correnti di N e S, che s'incootrano, mutuamente si distruggono: se una io qualche luogo la vince, dee ciò prodursi da cagioni locali. Tuttociò è coofermato dall' osservazioоe.

Sembra che lo stropiceiar continuo dell' aria sulla zona torrida debba diminuire e alla fioe distruggere il moto della terra. Si rispoode che l' aria equatoriale inalzata sceode verso i poli colla velocità di rotazione che aveva nell' alte regioni dell'equatore, e produrrà correnti di S-O oell'emisfero boreale e di N-O oell'altro; e così renderà al globo la velocità che le altre correnti tendono a togliergli. Questa pare la cagione de' venti d'O e S-O, che spirano ordinariamente nelle parti boreali dell' oceano atlantico.

27. In geoerale nell'emisfero boreale il vento che nasce colla direzione N-S si cangia a maoo, a mano che allontaoasi dal polo, in vento N-E, come oell' australe il veoto che è da principio S si muta alloutanandosi dal polo in S-E. Per contrario nell' emisfero boreale il vento S diviene S-O andando verso il polo, e nell' australe il vento N diventa N-O. La deviazione del vento dalla sua direzione (o l' avvicinamento de' venti N e S alle direzioni E ed O) sarà maggiore, quanto è maggiore la differenza di latitudine tra il luogo oode parti la corrente e quello dell' osservazione.

In quelle contrade tropicali, ove le circostanze geografiche faono alternare nel corso dell'anno una corrente che viene dall' equatore con una che viene dal polo, si provano i venti periodici o *mussoni*, che soffiano da un dato luogo per metà dell'anoo io certa direzione e l' altra metà nell' opposta, infallibili a cominciare e finire in un dato tempo. *Variabili* sono i venti, che soffiano or di quà or di là, senza fissa epoca: anche la direzione di questi dee spesso dipcodere dal prevalere della corrente polare o della equatoriale. Se in virtù della prima il vento era N-E o E, prevalendo la secooda diverrà S-E e successivameote S, S-O, O: se toroi a prevalere la prima il vento O diverrà N-O e poscia N e N-E, e così farà il giro della rosa de' venti. Questo è l' andameoto più ordinario nel cangiameoto de' venti (*a*).

28. Gli *oragani* sono venti impetuosissimi, più frequenti e potenti ne' climi caldi: sogliono occupare grande estensiooe in larghezza, ma più in lunghezza: alcuni diconsi aver corso 400 o 500 leghe con velocità a un di presso equabile: questa è talora di più di 20 leghe per ora: da questa l'aria ricevere immeosa forza, che rovescia edifizi, svelle i maggiori arbori, dà alle tavole e alle tegole il poter traforare grosse porte, penetrare oel suolo a considerevole profondità ec. Gli oragani, almeno alcune volte propagansi per aspirazione; poichè talvolta soo giunti prima a' luoghi ov'erao diretti che a quelli da cui sembravano partire. Quei della zona torrida o alcuni fra essi provengooo per avventura dal subitaneo discendere di masse d' aria elevata che non ha tem-

(*a*) *V. Dove* Bibl. Univ. *1838. p. 141.*

po di mescersi agli strati inferiori e di perdere a poco a poco la loro velocità. Almeno la lor direzione suol essere contraria a quella degli alisei. Ogni trasporto subitaneo a latitudine assai diversa d'una massa aerea, che cagioni locali e subitanee avvicinino alla terra, genererà vento fortissimo; se giunge alla superficie, produce un oragano; se due masse incontrinsi per l'aria, un vortice.

CAPO VI.

Delle Precipitazioni Atmosferiche e prima della Rugiada e della Brina.

29. Veniamo alle *meteore umide* ossia alle precipitazioni atmosferiche. Questa parte della meteorologia può dirsi *atmologia* o discorso de' vapori; poichè tutta dipende dal vapore ch' è nell' aria. Si è già detto dell' igrometria e del vapore aereo sparso per l'aria (L.III.C.XI.) Questo tramutasi in vapore concreto o in gocciole, ora per semplice raffreddamento, in ispecie nella bassa aria e produce rugiada, nebbie ec. ora per le correnti aeree ascendenti, ora a cagione de' venti.

È assai comune il vedere, senza pioggia propriamente detta, bagnate d' acque l' erbe e altri corpi, esposti all' aria nella notte. Questa umidità dicesi *rugiada* o *guazza*. È più copiosa presso il mare, i laghi e i fiumi; così ove regnano venti di mare, e scarseggia ove domina vento secco.

Se al cader del Sole l' aria raffreddata più non è atta ritenere il vapore elastico portato in alto pel caldo del giorno, porzione di questo può cadere in minutissima e insensibile pioggerella.

Se del vapore s' alzi dalla superficie della terra e s' imbatta in aria bassa e satura, dee risolversi in acqua. Vero è che quando il vapore elastico perde il suo stato, spesso trasformasi in vapor concreto (o visibile o vescicolare che vogliam dirlo) il quale è per così dire, un polviglio d' acqua; ma non avviene ciò sempre nè v' è ragione, perchè ciò debba sempre avvenire. Talora diminuisce la trasparenza dell' aria, mentre si depone la guazza; il che sembra indicare il passaggio di porzione del vapore elastico a stato vescicolare. Può anche prodursi tal precipitazione pel mescersi a una massa d'aria vaporosa altra aria più fredda.

Può esser cagione della rugiada il raffreddamento della superficie terrestre e de' corpi ad essa vicini, e quindi dell' aria sovrapposta da cui per ciò precipita in gocciole il vapore; e cagione di qual raffreddamento dev' essere la radiazione del calorico.

Siccome le superficie de' varî corpi radiano qual più qual meno (L. III. C. XIV), il raffreddamento e l'umidità prodotti da tal cagione, dovranno esser diversi sui corpi per natura diversi. Chiameremo *rugiada* in più stretto senso quella che bagna a preferenza certi corpi, e non tutti indistintamente, come la pioggia. Che la radiazione sia cagione di *questa rugiada*, è dottrina di Wells abbracciata quasi unanimemente dai fisici.

30. Tutto ciò che favorisce il raggiare e il raffreddarsi de'corpi, favorisce la *rugiada*; l' aria tranquilla, il cielo sereno, il freddo relativo. Wells trovò talora un poco irrorata l' erba mentre traeva il vento a cielo sereno: così a cielo coperto e aria tranquilla; ma non mai allorchè sotto un cielo coperto soffiava il vento. La superficie della terra radia cal.° ver gli spazi celesti, e la radiazione non è compensata nelle notti serene. Quindi è che un solido interposto tra il corpo radiante e il cielo, come pure una nuvola, impediscono il raffreddamento e la *rugiada*. Se è qualche nuvola nel cielo sereno, volgendo il termomoltiplicatore alternamente al cielo azzurro o alla nuvola, si vede l'effetto della diminuita e dell' aumentata temperatura. Il vento diminuisce il raffreddamento, conducendo sempre nuove particelle meno fredde alle superficie radianti.

Generalmente la *rugiada* è più copiosa in primavera e in autunno che

nella state ciò si attribuisce a maggior differenza di temperatura tra il dì e la notte in quelle stagioni.

Se un mattino sereno succede a notte coperta, molta è la *rugiada* del mattino: l'aria che ha perduto poca umidità la notte, molta ne depone al mattino: se l'atmosfera è limpida e immota, si fa più *rugiada* tra mezza notte e il levar del sole che tra l'occaso e mezzanotte: la temperatura è generalmente più bassa nella seconda metà della notte.

La lana cresce sensibilmente di peso quando si fa *rugiada* e più sull' erba (anche s'è in piatto di porcellana), che sulla ghiaia o sul terren nudo: ora la lana esposta all' aria umida, quando non si fa *rugiada*, cresce meno e quasi nulla di peso: dunque l' aumento nell' altro caso non è solo dovuto ad assorbimento igrometrico. Nelle notti serene e tranquille un terreno ghiaioso è più caldo d'uno erboso.

L' aumento di superficie fa che un corpo più raggi e più si cuopra di *rugiada*: più ne riceve un legno diviso in pezzolini che intero. La seta cruda, il cotone, il lino non filato crescon di peso per la *rugiada* più che la lana.

Siccome talora certi corpi divengono di parecchi gradi più freddi dell' aria ambiente prima di bagnarsi di *rugiada*, e questa si fa più e più presto sui corpi che più raffreddansi, se ne conclude che il freddo è cagione della *rugiada*, e che l' apparire di questa ha la stessa cagione dell' apparir dell' umidità all'esterno d' un vaso pieno d' un liquido e più freddo dell' ambiente. Il freddo non può essere effetto della liquefazione del vapore.

31. I corpi più radianti, più son atti a irrorarsi. I metalli puliti sono i corpi che meno si cuoprono di *rugiada* (L.III. § 110). Ora i metalli e il vetro, portati in luogo vaporoso del pari si son veduti condensare in acqua il vapore: dunque la *rugiada* non è semplice condensazione del vapore indipendente dal raggiamento. Di due metalli esposti alla *rugiada* quello che più se ne copre, è il più freddo. L' erba sottoposta a un metallo irrorato s'è trovata più fredda di quella sottoposta a uno asciutto. Il freddo indicato da' metalli in questi casi s'è trovato minore di quello d'altri corpi similmente collocati.

Così s' intende perchè spesso le foglie degli alberi restino secche, mentre l' erba è irrorata: l' aria un pò alta suol essere men fredda e più agitata della più bassa: inoltre solo le foglie della sommità dell'albero radiano libero verso il cielo: di più le foglie son quasi sempre alquanto agitate e quasi tutte inclinate all'orizzonte, ond' è che l' aria raffreddata al contatto di esse scende al basso e ne occupa il luogo altra men fredda. La lana posta sur un metallo si riscalda: però riceve men di *rugiada* che sull' erba. Una gran lastra metallica meno s' irrora sull'erba che sospesa, perchè nel primo caso riceve cal.° dal suolo. La palla d'un termometro esposta al sereno si fredda meno se è coperta da foglia metallica.

La *rugiada* comincia a farsi a basso e a mano a mano ascende; e sempre è men copiosa sui corpi più elevati dal suolo: la cagione è al basso, e ivi l' aria è più vaporosa.

32. Quando la temperatura de' corpi esposti al sereno scende sotto $0°$, spesso in vece di rugiada si ha *brina*, ossia quella s' aggela, e i corpi copronsi di sottil velo di ghiaccio: ciò facilmente accade se l' aria non ha temperatura maggiore di 4 o 5° C. La *brina* è dunque rugiada o guazza gelata; ma quando è preceduta da bianca nube che offusca l' aria, può dirsi più tosto *nebbia gelata*.

Le particelle della brina tendono, come gli altri cristallini, agli spigoli de' corpi più che alle superficie piane e attaccansi le une all'altre a modo di barbe o fiocchi o rami o alberetti.

Gli agghiacciamenti di primavera e d' autunno, funesti talora alle piante, sembrano aver le stesse cagioni che la rugiada e la brina: questa gli accompagna, se l' aria è umi-

da. Ciò che favorisce la rugiada e la brina, favorisce questi agghiacciamenti: per converso un sottil velo teso sulle piante dilicate spesso le ripara da un agghiacciamento micidiale (*a*).

CAPO VII.

Della Nebbia e delle Nuvole.

33. Se il vapor d' acqua elastico è più copioso nell' aria di quel che porti l' attuale temperatura, ordinariamente passa a stato vescicolare: *nebbie* e *nuvole* sono ammassi di tai vapori prodotti dal freddo o dalla copia soverchia del vapore o da amendue le cagioni. Il troppo vapore spesso si dee al mescersi di masse aeree vaporose, diversamente calde; e forse talora nella bassa region dell' aria all' accresciuta pressione atmosferica. Il fumo che sale d' un vaso pieno d' acqua calda, e. g. a *60°* è vera nebbia: il vapore esce con forza elastica considerevole, ma ricevuto dall' aria assai men calda, scema la sua temperatura e la forza elastica; e tutto quello ch' è soverchio per la sua tensione attuale, si trasforma in vescicolare. Questo è dunque tanto più copioso, quanto è maggiore la differenza tra la temperatura dell' acqua e quella dell' aria e quanto più questa è umida, le nebbie e nuvole noo possono farsi, o durare ove l' aria non è satura di vapore.

34. Le nebbie che formansi sui mari, laghi e fiumi sogliono avere la stessa origine. S' è più volte osservata, nel farsi della nebbia, l' acqua più calda dell' aria: questa differenza può non produr nebbia, se l' aria secca e agitata trasporti e dissipi i ricevuti vapori.

Lo stesso principio spiega le nebbie che sembran farsi in opposte circostanze. E. g. quando sciolgonsi i ghiacci e la temperatura dell' aria supera quella dell' acque, talora una nebbia densissima cuopre i fiumi anche gelati. In tal caso l' aria più calda è satura, o quasi, d' umidità; allorchè si mesce all' aria raffreddata dal contatto di corpi freddi, qual' è il ghiaccio, il suo vapor si condensa. In generale il mescersi di arie sature e di temperatura diversa, dee produr nebbia, perchè la media temperatura, che ne risulta è troppo bassa per tenere elastico tutto il vapore. L' aria satura a temperatura *0°* ha in un piede cubico gr. *1,7* di vapore: un' altra a + *30°* C. ha gr. *10, 2*. Se mesconsi, il vapore sarà gr. *11,9*, e la temperatura *15°*: precipitaoo gr. *7, 7*; dacchè un piede cubico d' aria a *15°* ritiene solo gr. *4, 2*, prescindendo da qualche aumento di temperatura se la densità è cresciuta.

La nebbia appare principalmente il mattino e la sera. La sera la terra raffreddasi per irradiazione, ma il freddo pochissmo è trasmesso all' interno; mentre l' acqua, se non è alla massima densità, a peoa è raffreddata alla superficie, cade al basso, e ascende acqua men fredda dall' interno. Perciò, ov' è una massa d' acqua, che nel giorno è calda all' in circa quaoto la terra ma più di *4.°* C., nella notte, a cielo tranquillo e sereno la superficie d' essa acqua è ordinariamente più calda che il terreno vicino, e però l' aria ch' é sull' acqua più di quella che è sulla terra: se queste arie son quasi sature e mesconsi, si fa nebbia, la cui copia, a più circostanze, è in ragion della temperatura dell' acqua: dacchè quanto questa è maggiore, tanto più vapore era nell' aria.

35. La nebbia può farsi dopo il nascer del sole, pel vapore che sale dall' acque o dalle nevi, e si condeosa nell' aria poco alta e non assai riscaldata.

Non è provato che non si faccia talora la nebbia per solo raffreddamento. Anche il freddo cagionato da dilatazione pare che possa formarla, se l' aria non è assai secca, poichè in questo caso la virtù di mantenere elastico il vapore può diminuirsi nell' aria pel raffreddamento più che non la aumenta la dilatazione.

(*a*) *I. F-C. V. C. V — V. Arago* Annuaire *a. 1827. 1828.*

Crescendo il vapore o il freddo, la nebbia cade in gocciole. Per contrario, crescendo il calore, la nebbia o torna a vapore elastico, o sale in alto, e non si scioglie (o dopo essersi sciolta ricupera lo stato concreto e visibile) e prende nome di *nuvola*. L'ascender della nebbia o delle nuvole pare che, almeno in parte, derivi dalle correnti d'aria ascendenti dalla terra riscaldata dal sole e possono contribuire a ritener le nuvole in aria, malgrado il peso specifico del vapore che le compone maggiore senza dubbio di quello dell'aria. Può anche il calor solare ricevuto dalle nebbie o dalle nuvole farne de' corpi più leggieri in ispecie dell'aria circostante dilatando l'aria interposta ai vapori, e quella che fa quasi un atmosfera attorno a tutta la massa. Forse la repulsione elettrica può unirsi al cal.° per dilatare la nuvola e così farla ascendere.

Possono essere così piccoli i globetti che compongono la nuvola che assai maggiori de' lor diametri sieno gli spazietti fra essi interposti; talchè il peso dell'acqua contenuta nella nuvola sia non più che una frazioncella del peso totale dell'aria che comprende; così una picciola diminuzione di densità nell'aria della nuvola potrà più che compensare l'aumento di peso risultante dalla presenza dell'acqua. Se nè la diminuzione di densità nell'aria, nè altro si opponga, la nuvola discenderà, ma lentissima.

36. Le *nuvole* non sempre sono nebbia da per se inalzatasi o trasportata dal vento: si fanno anche in mezzo all'atmosfera, allorchè o l'aria calda e vaporosa sale ove pel freddo precipita porzione del vapore elastico, o in altro modo si mescolano due arie di temperatura diversa, o senza più troppo s'abbassa la temperatura.

Una massa vaporosa che comincia a ridursi in nuvola, malgrado il diminnir della materia elastica, pel cal.° che destasi nel farsi concreto il vapore, oltre a' raggi calorifici che assorbe, dilatata può divenire men pesante dell'aria circostante, e perciò ricevere come una spinta verso l'alto. È possibile che spesso per tal cagione salga la nuvola nascente, almeno allorchè nasce nell'alta region dell'aria, ov' è minore la pressione; salendo trova regione più fredda, e nuovo vapore precipita. Il suo ascendere al certo ha un termine; ma questo è tanto più remoto quanto più lo strato d'aria ov'è nata è caldo rispetto a'più alti; e però per più lungo tratto trova aria sensibilmente più fredda e pesante.

L' elevazion delle nuvole è assai varia e spesso non assai grande. Sui Pirenei si è studiata recentemente l'elevazione delle nuvole nella state: il piano inferiore s' è trovato tra met. *450* e *2500*, il superiore tra met. *1200* e *3000* (Peytier). Queste elevazioni debbon variare secondo le latitudini e le stagioni; ma la massima non dovrà esser maggiore di *16000* met: a tale altezza la densità dell'aria è circa $\frac{1}{8}$ della sua densità a livello del mare.

Vi sono più specie di nuvole. Le principali sono il *cirro* (*cirrus* : *nubes cirrata*, *tenuissima*, *quae undique crescat*) e il *cumulo* (*cumulus*: *nubes cumulata densa*, *sursum crescens*). Il primo, più o meno lineare , appare per lo più assai elevato : piuttosto che camminare dilatasi in un piano orizzontale: è la prima nuvola che si vede dopo il perfetto sereno. Il *cumulo* pare più denso e meno alto : spesso ha apparenza di monte con sommità emisferiche o coniche e base irregolarmente piana, che sembra determinata dal limite dell' aria assai fredda per addensare il vapore in nube. Il primo sembra prodursi dagli alti venti, il secondo da correnti ascendenti.

37. Chiamasi *stratus* la nebbia più o meno elevata: asceso alquanto il sole, spesso tramutasi in cumulo.

Le altre nuvole diconsi: *cirro-cumulus* (a questa specie appartiene il *cielo a pecorelle* del popolo) : *cirro-stratus* : *cumulo-stratus* : *cirro-cumulo-stratus* o *nimbus*, ch'è l'union di più nuvole che versan pioggia : allorchè questa è per cadere le varie forme

confondonsi e distruggonsi: il loro ricomparire indica prossimo il cessar della pioggia. (Howard—A. Muller.)

Nuvole parassite sonosi detto quelle che sembrano aderire alle sommità de'monti. I monti umidi o nevosi assai vaporano, in ispecie percossi dal sole, e l'aria alta o fredda presto è satura per quel non caldo vapore e per quello che si leva dal piè del monte e dalle valli circostanti, e si fa il nuvolo: questo vapora nell'aria o la satura e così propagasi. Se è vero che cada più di pioggia ne'monti che nelle pianure; ciò che ora s'è detto può darne la ragione. Oltraciò mentre i vapori concreti o i nuvoli s'imbattono ne' monti, sono da questi arrestati.

Un vento quasi saturo di vapore giungendo a una cima fredda o vaporosa diviene più che saturo e si fa molto vapore concreto: questo uscito della sfera d'azione di quelle gelide rocce, racquista lo stato elastico: perciò appare la nuvola solo sul monte: cresce questa a maggior mole se anche l'aria più lungi da quella cima diviene satura.

CAPO VIII.

Della Pioggia e della Neve.

38. Allorchè il vapor concreto troppo s'addensa, cade in pioggia. Il freddo dell'aria, i venti e la disposizione de' monti assai influiscono nelle piogge. Delle piogge tempestose diremo più avanti.

La quantità di pioggia che suol cadere in un luogo è un elemento meteorologico importante a determinarsi. Lo strumento a ciò adoperato (*udometro*) suol essere un vasello cilindrico o prismatico di conosciuta capacità, graduato, per cui mezzo si misura il volume dell'acqua caduta. Parecchie volte s'è osservata più copiosa l'acqua negli udometri collocati più vicini al suolo che in quelli collocati e. g. *90*, *60*, o anche solo *10* o *12* piedi più in alto: s'è pensato che le gocciole fredde della pioggia addensino il vapore che trovano nell'aria più bassa. La cosa non è assai chiara, potendo influire le circostanze locali. L'indicata differenza s'è osservata anche quando l'igrometro non segnava il punto di saturazione. Boisgiraud dice avere sperimentato che la pioggia è in generale assai fredda rispetto all'aria, per cagionare la precipitazione del vapore sulle gocce pioventi, anche quando l'igrometro non mostra la saturazione: ciò forse spiega come l'aria non si mostri talora satura dopo forte e lunga pioggia.

39. Ecco un saggio delle quantità medie di pioggia che cadono in alcuni luoghi.

Capo Francese (S. Domingo). centim	308
Garfagnana	249
Genova	140
Milano	96
Napoli	95
Venezia	81
Roma	80
Ferrara	67
Molfetta (Puglia)	51
Pietroburgo	46

In generale più copiose presso l'equatore sono le piogge, come l'evaporazione e il vapore diffuso nell'aria. Dicono alcuni che per lo più cada maggior copia d'acqua ne' luoghi più elevati sul livello del mare (§ 37). Sembra che, a pari circostanze locali, la pioggia cresca come la temperatura. In Europa piove più il dì che la notte: nelle regioni equinoziali d'America sembra che avvenga l'opposto (Boussingault).

Talvolta s'è veduto piovigginar senza nuvole. Cartesio ciò vide alcune volte: osservarono lo stesso fenomeno Humboldt a Cumana, il cap. Beechey ne' mari equatoriali, T. Forster a Walthamstow, A. Pictet a Ginevra. Le Gentil racconta che nella stagione del vento S — E, all' Isola di Francia, spesso, specialmente la sera, cade *una pioggia fina*, benchè il cielo sia bellissimo. Vaghe stellette di neve cadono talora senza nuvole nelle regioni polari. Vuol dire che un repentino addensamento, probabil-

mente per correnti ascendenti, aduna in gocciole o in ghiacciuoli i vapori elastici, ovvero il vapor concreto o le particelle gelate ch' erano disseminate per l'aria, senza prima addensarle in nuvola.

Se l'acqua di pioggia trovi terreno assai freddo per aggelarla, si fa il *gelicidio* ossia una sottil crosta di gelo unito e trasparente che cuopre la terra e talora le piante.

40. Il freddo dell' atmosfera fa che *nevichi* in luogo di piovere. Sembra che le nuvole che danno neve (come pure le più alte nuvole) sieno composte di particelle gelate, e almeno di vapori, che nel riunirsi, aggelano, senza prima far gocciole: altrimenti non caderebbe neve, ma (ciò che avviene talvolta) palline di ghiaccio. Spesso struggesi la neve nel cadere, e quella che fiocca d' una stessa nube è neve sul monte e pioggia nel piano. È probabile che i fiocchi grandi e irregolari di neve siensi ingrossati attraversando l' aria e che nell' aria fredda e vaporosa i fiocchi di neve che più la raffreddano, cagionino la precipitazione di nuove particelle, come fa un cristallo di sale cadente in una soluzione satura dello stesso sale.

La neve cade talora in forma di laminette esaedre o prismetti esaedri (Cartesio, Hassenfratz); spesso in forma di stellette a 6 raggi: si sono in essa osservate molte varie e bizzarre forme che generalmente sembrano modificazioni dell'esaedro (Fig. 64.): nel centro della stella è un globetto o una laminetta esaedra. Ricordo che s'è talora trovato il ghiaccio in prismi esaedri. Le stellette della neve hanno spesso solchi salienti o rientranti. Ciò s' è pure veduto nella *nebbia gelata*, che resta talvolta sospesa a' rami degli alberi: se il freddo è venuto a poco a poco, i solchi sono rientranti; e salienti, s' è venuto improvviso e assai forte (*a*).

Il peso specifico della neve è sempre meno di $\frac{1}{7}$ talora è $\frac{1}{20}$ o $\frac{1}{18}$.

4i. Nelle regioni polari e anche in alcuni luoghi dell' Alpi e altrove, si vede la neve rossa; ma non si sa che il colore penetri più che pochi pollici sotto la superficie. È colorata da corpiccinoli stranieri che in essa propagansi e che da alcuni (De Candolle, Baüer ec.) si credono di natura vegetabile e da altri (Scoresby) sostanze animali.

Talvolta cade neve rossiccia; ma questa, come le piogge d' acqua e polvere rossa, nera ec. entra in una singolar classe di fatti distinti dalle semplici precipitazioni acquee, a' quali ora veniamo.

L' evaporazione del mare e delle acque continentali dà la materia alle mentovate precipitazioni atmosferiche; e queste (in un col vapore che perde il suo stato al contatto delle fredde rupi e delle nevi) feltrando in parte nel terreno, e uscendone poi sotto forma di sorgente dà origine alle fontane. L' aria carica di vapore, elastico o concreto, penetrando nelle caverne, nelle fessure delle rocce ec. può, deponendo acqua, dare origine o aumento a qualche sorgente (*b*).

Ognun vede quanto necessarie sieno queste precipitazioni atmosferiche, quanti i vantaggi delle piogge, del vapor acqueo che precipitando supplisce più o meno in certi luoghi o tempi alla scarsità delle piogge, e della neve medesima (L. III, § 36). Tutti questi beni ce li procura la Providenza per mezzo dell' evaporazione. Immaginate che questa non sia, o sia eccessivamente scarsa per difetto di calore e per la picciolezza de' mari, o per converso che per le contrarie cagioni sia eccessiva; e non inorridite, se potete, alla vista de' mali che si trarrebbe dietro un tal ordin di cose.

(*a*) *Fournet*. Comptes rendus *1836* sem. *I*. *p*. *378*.

(*b*) *I*. *F*. *C*. *VI*. *C*. *VIII*.

CAPO IX.

Degli Aeroliti, de' Bolidi, e delle Stelle cadenti.

42. Le strane piogge narrate dagli antichi di latte, sangue, sassi ec. non sono sempre mere favole. Alcune posson esser vere, ed altre essere fatti veri male interpretati. Qualche vera caduta di pietre o di acqua nell'apparenza somigliante a sangue o a latte disposo probabilmente gli animi a creder tutto in questo genere: allora un rivo che dopo una pioggia notturna biancheggiava o rosseggiava, secondo la natura del terreno per cui era passato; delle gocce di color sanguigno che il vento scuote dalle spoglie d'insetti ch' han messo l'ali; il polline giallo degli abeti in fiore d'una selva vicina trasportato dal vento; l'orizzonte fuor dell'usato igneo o sanguigno, bastano a fare annunziare piogge di latte, di sangue, di solfo, di foco.

Presso i vulcani cadono scorie o pomici, e più lungi le arene sottili dette ceneri vulcaniche. I vortici o *trombe* (dello quali più avanti) rapiscono, portano per l'aria e lasciano cadere corpi di qualunque sorte. I forti venti inalzano dalla terra polveri o altre sostanze, e posson portarle assai alto e lungi e poi lasciarle cadere. Cadendo queste sostanze in un colla pioggia, questa è terrosa o fangosa, come quella caduta nel maggio del 1830 in più luoghi d'Italia, e nell'aprile del 1839 a Costantina in Africa.

43. Non sono così agevoli a spiegare le *pietre cadute dal cielo* o *aeroliti*, e altre strane piogge di materie membranose e friabili, di filamenti somiglianti a capelli, o le cadute d'alcune masse fibrose, viscose o gelatinose (*a*). Allorchè alcune di queste sostanze sono accompagnate dagli aeroliti o da globi ignei che scoppiano, il fenomeno si confonde con quello degli aeroliti.

Questo fenomeno (le piogge di sassi) è ora da tutti ammesso. Accertate in modo da non lasciar luogo a dubbio ragionevole sono state la pioggia di sassi accaduta nel Sanese nel giugno del 1794, e nell'aprile del 1803 a Aigle in Normandia. Non pochi simili fatti si sono osservati in questo secolo. Un' aerolito cadde il 17 di luglio di quest'anno 1840 non lungi da Casale di Monferrato.

44. Questo fenomeno è preceduto dall'apparire d'un globo di fuoco, che procede rapidissimo: tal globo dicesi *bolide*: s'è più volte paragonato per la grandezza apparente, alla luna. Mentre esso detona, cadono le pietre, che spesso sembrano frammenti d'una maggiore. Una nuvoletta o una specie di fumo accompagna spesso il bolide o siegue la sua esplosione. Talora più esplosioni si succedono. Quando passa per un luogo senza esplosione nè caduta d'alcuna sostanza, può credersi che ciò poi avvenga altrove. Talvolta un globo di fuoco con lunga coda s'è andato senza più a perder nell'acqua. Talora senza scoppio ha lasciate cadere polveri infiammate.

Le pietre cadute in diversi tempi e in regioni diversissime si rassomigliano assai per la composizione. La superficie suol essere scura, alquanto fusa e spesso in parte vitrificata: spesso nell'interno sono grige; ma l'apparente omogeneità è, se non da altro, interrotta da particelle di ferro malleabile. Da principio esalano odor sulfureo. Gli elementi sogliono essere: ferro (tra *o*, *30* e *o*, *40*), silice, magnesia, niccolo che di rado manca, e talora cromo, solfo, calce e allumina; quasi mai il carbone. Questa unione di sostanze non s'è trovata in alcun corpo minerale tratto dal sen della terra. Qualche volta sonosi veduti negli aeroliti de' cristalli di pirossena e di solfuro di ferro, e una sostanza che somigliava il minerale detto *felspato del Labrador*.

45. Aeroliti, caduti in tempi re-

(*a*) *V. il catalogo di questi fenomeni dato da Chladni* Ann. de Chim. et Phys. *1826* Mars *p. 243*. — Annuaire du bureau des longit. *1826*.

moti si sono creduti de alcuni certe masse, talvolta enormi, di ferro nativo, rinvenute quà e là presso la superficie della terra. Alcune sono cellulari colle cavità piene d'una sostanza simile al minerale detto *peridotte*. L'analisi ha trovato del niccolo in varie di queste masse. La sola caduta conosciuta d'una di tali masse avvenne ad Agram nel 1751.

Varie congetture si sono proposte sull'origine degli aeroliti (o *meteoriti* o *brontoliti*): non so se l'ora sia giunta di darne soddisfacente spiegazione (*a*).

46. Le *stelle cadenti* o *stelle correnti* da alcuni si son credute piccoli e lontanissimi *bolidi*. Più volte sono apparse in copia grandissima accompagnate da maggiori meteore, non inferiori ai bolidi in apparente grandezza. Alcune volte la lor direzione nulla mostra di costante: altre volte vanno tutte o le più in un verso. Sembra ad alcuni che più sovente si dirigano da N-E verso S-O. Spesso sembrano discendere, altre volte ascendere o camminare orizzontalmente. Alcune hanno code o strisce di luce bianca, e talora colorita, e queste non di rado restano visibili per qualche secondo dopo lo sparir della *stella*.

I giornali scientifici di questi ultimi anni sono pieni di relazioni di straordinarie apparizioni di queste *stelle* che alcune volte sembravano vere piogge di foco. Siccome questi fenomeni sembrano apparire principalmente in certe epoche, e. g. prima di mezzo novembre (1799, 1812, 1831, 1832, 33, 34, 35, 36) e verso i 10 d'agosto (1811, 1823, 1836, 37, 39), (*b*) così s'è sospettato che sieno più tosto cosmici o astronomici che atmosferici, e gli astronomi cominciano ad occuparsi in essi, e noi a quelli li rimettiamo (*c*).

CAPO X.

Cenni sulle Meteore Ottiche

47. Le meteore luminose, prodotte senza più da' raggi di luce, sono conseguenze delle leggi ottiche di riflessione, refrazione ec., delle quali, perocchè ne trattano i fisico — matematici passomene qui ora brevemente.

L'*iride* (arco — baleno, arco celeste) appare nelle piogge parziali e rallegra l'aspetto del cielo, allorchè le grandi piogge sono sul cessare e squarciansi i nuvoli: la vede chi volge il dorso al sole e gli occhi ad una parte del cielo ove un nuvolo illuminato dal sole si scioglie in pioggia. L'arco variopinto de' colori che s'ottengono col prisma, può considerarsi come il perimetro della base d'un cono, la cui sommità è nell'occhio dell'osservatore e il cui asse prolungato passerebbe pel centro del sole. Questa è la condizione dell'iride o sia prodotta dalla pioggia o dalle cascate o getti d'acqua. Ciò dimostra che il fenomeno dee ripetersi da qualche modificazione che la luce pruova nelle gocce dell'acqua. Secondo la spiegazione di Neuton, i colori dell'iride produconsi da' raggi solari che giungono all'occhio dopo essere stati refratti, scomposti e riflessi da esse gocciole. Secondo questa teorica devono apparire due iridi distanti tra loro 8°, 27'. La superiore suol'essere meno splendida e spesso manca, essendo la

(*a*) *I. F-C. V. 60-68 — Il sig. Capocci crede che gli aeroliti sieno periodici, e riguarda il fenomeno come piuttosto astronomico che meteorologico.* Comptes rendus... *1840* sem. *II. p. 357*.

(*b*) *Talora sono apparse in altro tempo. Il 25 d' aprile 1095 vidersi in Francia cader le stelle dense come gragnuola. (Chron. Balduc. p. 88). Simil cosa videsi in America nell' aprile del 1803.*

(*c*) Americ. Journ. et sc. *vol. 25, 26, 29* — The Americ. Almanac and repository. . . *1835*. Boston. p. 70 — Comptes rendus . . *1836* sem. II. *p. 663* — *1838* sem. *II. p. 977* — Bibl. Ital. *1836* nov. e dic. *p. 306* — *Erman* Comptes rendus 1840 sem. *I. p. 21*.

luce indebolita da più rifrazioni e riflessioni e anche perchè sovente il nuvolo luminoso non s' inalza tanto alto.

Alcune rare volte appaiono più iridi contigue e collo stesso ordine di colori, prodotte da particolari circostanze. Joung spiega questo fenomeno coll' interferenza.

48. *Parelio* è la meteora che mostra lo spettacolo di più soli, ossia una o più immagini del vero sole. Più raro è il vedere più lune: allora la meteora dicesi *paraselene*.

Aloni chiamansi i cerchi luminosi che cingono il sole o la luna. Allorchè appaiono, il cielo è ordinariamente velato da leggier vapore o da trasparente nuvoletta. Il fenomeno è completo, quando i cerchi sono dipinti de' colori dell' iride. I *piccoli aloni* si compongono di due o più anelli colorati concentrici contigui all' astro e fra loro: mostrano per lo più il color rosso all' estimo. I *grandi aloni* hanno il diametro di 45° incirca: spesso la prima fascia colorata è cinta da altra più debole di doppio diametro: mostrano il rosso sempre all' interno e sogliono essere accompagnati da altri cerchi eccentrici al principale e da *parelî o paraselene*; ma questi appaiono anche senza gli aloni.

I *piccoli aloni* sono prodotti da vapori sparsi per l' aria. Ne abbiamo esempio nelle iridi che appaiono attorno alla fiamma d'una candela guardata attraverso i vapori che sorgono dall' acqua bollente.

I grandi credonsi formati da particelle di gelo. In vero non sono frequenti che nella stagion fredda e nelle fredde regioni, ove l'aria è spesso ingombrata da sottilissimo nevoso polviglio; e sovente sono seguiti da neve. Inoltre si crede che forminsi nell' assai alta atmosfera d' ordinario fredda al grado del gelo.

La luna di rado appare col corteggio di grandi aloni colorati e paraselene: ma non è raro vederla cinta da un gran cerchio senza colori.

49. *Miraglio*. Un suolo arido e sabbionoso che riscaldato del sole dirada e scalda l' aria sovrastante, come in Egitto, spesso offre l' aspetto di una inondazione a chi si trova distante una legha o circa: i villaggi alquanto elevati e posti di là da tal distanza paiono isole con sotto la loro immagine rovesciata. È un effetto di refrazione. Fra i raggi emananti da' vari punti d' un oggetto, altri vanno diretti all' occhio, altri dirigonsi verso il suolo, e incontrano strati aerei rarefatti tanto più quanto più son bassi. A motivo di tal progressivo decremento di densità, i raggi s' allontanano progressivamente dalla verticale, poi si rialzano, ritornano agli strati superiori e giungono all' occhio dello spettatore che vede una seconda immagine rovesciata del cielo, de' villaggi ec.

Si vedono in varî luoghi altri più o meno analoghi fenomeni, come le *mutate* di Terra d' Otranto, e la *Fata Morgana* di Reggio di Calabria(*a*).

CAPO XI.

Dell' Elettricità Atmosferica.

50. Prima si sospettò, poi si resecon buone ragioni probabile, e infine si avverò con le sperienze da Franklin, da Dalibard e da Romas che le apparenze luminose de' temporali sono veri fenomeni elettrici, e che in conseguenze le nuvole procellose sono fortemente elettriche e *il fulmine è una grande scintilla elettrica*. Monnier scoprì che anco a cielo sereno l' atmosfera è debolmente elettrizzata. Il Beccaria trovò l' elettricità del cielo sereno costantemente +a: così pure si trova a cielo uniformemente coperto; e ancora, ma più forte, in occasione di nebbia o di guazza.

51. Franklin e altri esplorarono l' el.à atmosferica co' cervi volanti, co' quali i fanciulli si trastullano: conviene che la cordicella sia assai lunga e assai beoe conduca; sia e. g. formata da due sottili spaghi avvolti da

(*a*) *I. F—C. III 202—205—V. C. XI. XII.*

Estarella metallica. Questo apparato non ha uso, se il vento affatto tace, e ne' temporali è pericoloso.

Si è ancora studiata l' el.à atmosferica co' globi aerostatici pieni d'idrogene, ritenuti da un filo conduttore. Al presente, almeno ordinariamente, non si usano questi mezzi, nè i razzi adoperati talora dal Beccaria.

Si è ancora esplorata l' el.à aerea con aste metalliche aguzze, elevate e isolate, ed eziandio con fili metallici assai lunghi, tesi orizzontalmente sopra sostegni bene isolanti.

L' apparato più semplice è un buon elettrometro a paglie o a fogliette d' oro, sormontato da un' asticella metallica acuminata, lunga 2 o 3 piedi. Saussure lanciava in aria una palla di piombo raccomandata all' elettrometro per un cordoncino di tre fili d' argento lunghi 50 o 60 piedi: Giova assai, se l' elettricità sia debole, soprapporre all' asticella un candelino o solfanello acceso: con ciò i segni el.i crescono più del doppio e quasi il triplo. La fiamma rende sensibile l' el.à che spesso nol sarebbe senza essa, e per essa l' elettricità dell'aria si trasmette all' elettrometro, e non opera solo per influsso, come fa senza essa a cielo sereno e coperto, ma senza pioggia o nevi o nuvole tempestose. La fiamma, scaldando l' aria soprastante e mescendo ad essa calde esalazioni, fa come un cono di materia deferente, che raccoglie l'el.à diffusa per uno spazio non piccolo e più elevato dello strumento e la conduce in questo. I segni dell' elettrometro crescono applicandovi il condensatore. Puossi applicare l' asticella colla fiamma all' elettrometro differenziale formato di due pilucce zamboniane(a).

Si fa anche uso del roometro per esplorare l' el.à atmosferica. Peltier ne' giorni perfettamente sereni col cervo volante trovava che fino all'altezza di circa 30 met. l'el.à +a si mostrava crescente all' elettrometro, ma non dava segni al roometro: a circa 40 met. esso indicava una corrente discendente debole: da 100 met. a 247 questa cresceva rapidamente (b).

52. L' el.à +a di ciel sereno si è osservata sulle maggiori altezze d' Europa, e ancora da Gay-Lussac e Biot levati a grande altezza in un globo aerostatico. Va crescendo coll'altezza: ma avvisa Saussure che dee ciò intendersi più tosto dell'altezza relativa del luogo dell'osservazione, che dell'assoluta: ei la trovava maggiore all'angolo d' un terrazzo elevato 15 o 20 piedi sulla campagna, che in mezzo d'un *alto-piano* esteso, il quale coroni una collina elevata, perchè tal angolo è più isolato cioè ha colla terra meno punti di comunicazione. La state, l' el.à di ciel sereno è più debole.

Ne' giorni sereni l' el.à aerea mostra un regolare periodo. Questo periodo debbe essere assai volte turbato da cagioni accidentali e variare secondo la diversità de' climi e delle stagioni. In generale l'el.à è minima tra le tre dopo mezzanotte e il far del giorno: levato il sole cresce gradatamente, divenendo massima ora prima ora poi, ma generalmente innanzi al mezzodì: poscia s' indebolisce gradatamente; ed è minima alle due pomeridiane (alle 4 o alle 5 la state): a sol cadente molto vapore perde lo stato elastico e l'el.à cresce di nuovo per la più fino a un'ora o mezza o 2 ore dopo il tramonto, e talora è più forte che in altre ore del dì: poscia torna a indebolirsi e decresce durante la notte, e più velocemente ne' tempi umidi. Questa specie di flusso e riflusso ha una certa analogia col periodo diurno del barometro e con quello dell' ago calamitato. La state, a motivo della debolezza dell' el.à di ciel sereno, il periodo è men regolare e men osservabile. Schübler trova che il *massimo diurno* la state è più sollecito: Saussure al contrario lo osservava dopo mezzodì, non per altro ne' giorni che succedono a grandi pioggie: allora i periodi spesso sono più

(a) *V. Belli* Fis. 1508 — 1534. p. 713.
(b) Comptes rendus 1840 Sem. *I.*

forti e l'igrometro indica grande umidità: per contrario nelle secchezze prolungate i periodi vanno scemando e il ridestarsi vespertino dell' el.à è talora minimo. A cielo coperto questo periodo è più debole e poco osservabile.

Il vento forte suol diminuire la forza dell' el.à atmosferica. Questo fatto basta a distruggere l' ipotesi altronde non punto probabile, di chi tale el.à attribuiva allo stropicciamento dell'aria.

53 *Origine dell'elettricità atmosferica*. L'el.à è trasmessa continuamente dalla bassa aria più o meno umida alla terra specialmente alle prominenze di essa elettrizzate negativamente per induzione, e specialmente per mezzo delle piogge o dell' altre precipitazioni atmosferiche. Dacchè l' el.° non va sempre crescendo presso la superficie terrestre, convien dire che vi è una continua circolazione di esso come dell' acqua dal globo terraqueo all atmosfera e da questa a quello. Questa osservazione non favorisce punto le ipotesi che danno per prossima cagione all' el.à atmosferica o l'inegual temperie degli strati aerei soprapposti uno all'altro o i raggi solari.

54. Assai probabil cagione di tale el.à si è l'assegnata dal Volta (L.IV. §94), cioè l' evaporazione. Ad occasione di questa, si desta el.à e l' evaporazione continua della terra, delle acque continentali, e specialmente del mare può somministrare all' atmosfera l'el.°, come le somministra l'acqua; e così saranno sempre in quella el.° ed acqua, benchè continuamente ceda alla terra acqua ed el.°. Ciò è vero del pari o sia tale el.° eccitato immediatamente dall' evaporazione, o dalle chimiche operazioni, che ne conseguono, o da amendue le cagioni, nella qual supposizione forse meglio si rende ragione de' fenomeni.

L' el.à +a di ciel sereno, anco a piccola altezza, s' intende assi bene, se il vapore salendo e separandosi da' sali, o da altri corpi, sia per tal separazione fornito d'el.à +a. Osserva il prof. Belli che i vapori ascendenti in gran copia da' mari equatoriali alzandosi alla più alta atmosfera e con essa allontanandosi dall' equatore, portan seco l' el.à +a, avvicinandosi a' poli l'aria vaporosa scende verso terra e quindi torna verso l' equatore (§ 26) in questo giro assai el.° si perde, ma molto ne resta, in ispecie nelle regioni men basse.

55. In generale l'aria mostra più el.à quando più ha di vapori, ma allora principalmente che più vapore perde lo stato elastico. L'el.à delle nebbie abbastanza valida, in ispecie nel primo loro formarsi, quella analoga che osservava il Beccaria quando molto vapore perdendo lo stato elastico, assai sbiadisce l' azzurro del cielo, quella della rugiada, l' accrescersi de' segni el.i al cader del sole, quando l'evaporazione diminuisce e il vapore precipita, e anche nelle prime ore del mattino, quando porzione del vapor elevato a regioni fredde, perde lo stato elastico e diminuisce la trasparenza dell' aria, lo scemar di tai segni quando pel crescente calore, quello ritorna elastico, tuttociò si spiega assai bene col principio, che l'acqua rende latente l' el.° acquistando stato elastico, e lo emette perdendo tale stato. Si è detto che l' umidità dell'aria solo influisce sui segni el.i per la sua virtù deferente, che facilita la trasmissione dell'el°. Ma lo stato coibente dell'aria non impedisce i segni el.i che si hanno per induzione. Di più, la forza deferente giova al passare dell'el.° negli apparati, ma lo toglie all'atmosfera specialmente nelle nebbie e nella rugiada.

Possono più o meno influire sulla el.à dell'aria altre chimiche operazioni, come i processi della vegetazione e le esalazioni, che levansi dalla terra ad occasione de'fenomeni delle acque termali, de'vulcani, de'tremuoti ec.

56. *Elettricità delle nuvole ordinarie*, cioè senza temporale. Ottenendosi positivi e non deboli segni el.i dalla nebbia, anche da quella che salendo ha acquistato nome di nuvo-

la (*a*), pare che + debba essere l' el.à delle nuvole che si levan dal basso e perciò anche di quelle che si fanno nell'aria elevata. Si è per altro osservato che in tempo di alte e tranquille nuvole assai debole è l'el.à. Passando sui conduttori de'*cumuli* (§36), i segni dell'el.à aerea ordinaria s' indeboliscono: così allorchè l'aria superiore si sta uniformemente annuvolando. Forse l'el.à +a delle nuvole caccia nel suolo parte della el.à omologa dell'aria bassa e vaporosa ?

57. Comunque siasi, le nuvole sono ora + e ora — e ne' temporali, e forse è lo stesso altre volte senza temporale. Una nuvola fortemente +a può renderne per influenza —e un'altra nella parte rivolta alla +a: l'aria soprastante può render —e nella parte superiore le nuvole debolmente elettriche se la parte rimasta +a dissipi la sua carica el.e, o essa parte si sciolga in vapore elastico o si deponga in gocciole al contatto de' monti o cada in pioggia, tutta la nuvola resterà —a. Pensava il Volta che le nuvole debolmente +e, esposte a' raggi del sole, potessero per copioso vaporamento divenir —e. Forse talora sono —e per altre cagioni.

Si è più volte osservato ne'nuvoli certo irrequieto moto intestino (Beccaria, Saussure), che probabilmente si dee all' elettricità. Si è creduto (Musschenbroek, Howard) che i globettini chiamati vapori vescicolari sieno nelle nuvole disgiunti gli uni dagli altri per el.e ripulsione. Ma perchè questa non li disgiunge vie più e non disperde la nuvola? Può a questa opporsi una non minor repulsione del mezzo circostante, elettrizzato forse da essa nuvola ?

58. *Elettricità nel tempo delle piogge ordinarie e della neve.* In tempo di *pioggia ordinaria* i segni degli apparati destinati a esplorare l'el.à aerea non sono constantemente +i come a cielo sereno, anzi spesso sono —i. Le pioggerelle minutissime distruggon sovente l'el.à +a o la rendono debolissima: negli intervalli fra due piogge —e si osservano risorgere i segni +i. (Volta, Schübler). Novicando i segni sono ordinariamente +i. Lo stato el.e delle gocce di pioggia e de'fiocchi di neve non è stato per avventura espressamente bene osservato. Ma se un dato spazio pieno d'esso gocce o fiocchi ha el.à e. g. —, pare probabile che quella delle gocce e de'fiocchi non sia spesso di segno contrario.

Che le nuvole —e si sciolgano in pioggia —a, ciò agevolmente s'intende. Il cangiarsi de segni da +i in —i, allora appunto che piove e ritornar +i cessata la pioggia, è men facile a spiegarsi: Il Volta e Schübler credono potersi tribuire l' el.à —a delle piogge all'evaporazione: la neve che meno vapora è per lo più +a Puossi attribuirla non all' influenza della nuvola che dà acqua, ma piuttosto a quella dell' atmosfera superiore +a che caccia l' el.o e da essa nuvola e dall' acqua piovente, le quali congiunte formano un gran corpo abbastanza conduttore comunicante col suolo: se la nuvola e l'acqua cadente sono gelate, il conduttore è assai più imperfetto.

59. Si è osservato che un *cumulo* non dà mai pioggia, finchè è solitario: ma spesso piove quando s'uniscono più nuvole o una passa sull'altra benchè a qualche distanza. È probabilissimo che tali nuvole sieno oppostamente el.e per l'influenza d' una sull'altra; e tale stato può produrre assai movimenti intestini, che possono determinare il congiungimento d'un gran numero di vapori vescicolari.

Il Beccaria spiega coll' el.à l'uniforme distribuirsi delle gocciole sul terreno. Priestley, elettrizzata una *giara armata*, con entro della limatura di rame, inclinandola lasciava cadere parte d' essa limatura; questa si distribuiva assai regolarmente sul piano che la riceveva.

Per mezzo dell' el.à atmosferica, condotta negli apparati, si sono ottenute delle chimiche analisi, allorchè il tempo era alquanto procelloso (*b*).

(*a*) *Saussure* Voyages §. 294, 783, 787, 2071.

(*b*) *I. F-C. V. C. XIII, XIV.*

CAPO XII.

De' Temporali.

60. Chiamasi *temporale* quel complesso di fenomeni atmosferici che si palesano in un corpo di nuvoli, in alcuna loro parte tuonanti (Beccaria, Belli). Il tuono e la scarica, visibile o invisibile, che lo cagiona, suppongono nelle nuvole non debole e contraria elettricità: dunque non v'è temporale se non quando quella è nelle nuvole doppia e forte. Durante il temporale, l'el.à atmosferica è assai maggiore che in altro tempo, e frequentemente varia di segno. Spesso il temporale non fa che minacciare: spesso pure dà pioggia copiosa, ma assai di rado neve; ne' più furibondi sogliono unirsi a copiosa grandine, venti verticosi e impetuosissimi.

Ordinariamente le nuvole procellose sono oscure e di varie e bizzarre figure: in esse si osserva un'agitazione e come un'intestina fermentazione Prima del temporale soglion mostrarsi in uno o in più luoghi delle piccole nuvole, che crescono rapidamente in cumuli, o per vapori ascendenti dalla terra o per l'unione di nuvoli laterali e minori, detti *ascitizi* dal Beccaria, o pe'nuvoli *ascitizi della terra* cioè per ammassi di vapore concreto, i quali come colonne di fumo s'alzano dalle coste dei monti o da'fiumi fino al nembo con cui si confondono.

61. Può un temporale prodursi da una nuvola isolata anche non grande, e se ne leggono alcuni casi; ma poco men che tutti si producono pel concorso di più nuvole. Saussure vedeva nascere i temporali nelle Alpi solo *al momento dell'incontro o del conflitto di due o più nuvole*.

Quando il temporale è formato, i nuvoli principali sembrano fare solo un nembo, un grande e scuro aggregato di vapori. Assai spesso nei temporali, specialmente ne' grandinosi, il cielo è coperto da oscuro tendone nuvoloso, sotto cui passeggiano bassi nuvoletti bianchicci. Lunga cosa sarebbe descriver tutte le apparenze che precedono o accompagnano i temporali, le quali poi debbon variare dalla state al verno, da'paesi montuosi a'piani ec. I primi effetti del temporale sogliono essere interrotti soffi di vento. Si è più volte osservato che il vento moveva dalle nuvole procellose.

Spesso, ma non sempre, il nembo ha il termine inferiore poco elevato tra 5 e 6000 piedi sopra il livello del mare. Anzi, dopo che s'è assai aumentato, suole più abbassarsi e presentare verso terra dei rami sfumati. Alcuni temporali hanno sede in regioni elevati 3 o 4000 met. o più sopra il livello del mare.

62. Ne' climi temperati d'Europa i temporali son più frequenti ne'mesi caldi: per altro i piccoli temporali non sono fra noi assai straordinari nel verno. In questa stagione diconsi più frequenti o men rari che in altra stagione in alcune regioni boreali come nella Norvegia occidentale, nell'Islanda e nell'isola di Ferro; ma nelle parti più boreali di là dal 75°. grado di latitudine nord, sembra che mai o quasi mai non si facciano. Paiono più soggetti a' temporali i paesi più lontani dai poli; e a egual latitudine più i luoghi mediterranei e vicini a' monti che i marittimi. Nella zona torrida il Basso Perù non conosce temporali o lampi: ma ivi mancano pure le nuvole propriamente dette, e ne tiene il luogo un singolare vapore indigeno, una specie di tenda vaporosa. Al contrario in altri luoghi della stessa zona i temporali sono frequenti e in certi mesi quasi giornalieri. Osservazioni raccolte in tutte le regioni del globo provano che in mare la frequenza dei temporali è in ragione della vicinanza alle coste: l'atmosfera oceanica, son parole di Arago, è assai meno atta di quella de' continenti e delle isole a generare i temporali. Altri fatti, raccolti da questo scienziato, sembrano indicare che anche altre circostanze locali, c. g. la natura diversa de' terreni, influiscono nella frequenza de'temporali.

63. Talora i temporali tornano più giorni di seguito alla stessa ora o cir-

ca: suol terminare tal rinnovamento con un temporale più forte. Questo periodo si osserva principalmente ne'luoghi montuosi: Nelle pianure, almeno nelle non lontanissimo da' monti, si osserva pure che i temporali maggiori son talora precedenti ne' giorni innanzi da minori non più che minacciosi o piovosi.

Si assicura che in occasione di temporali, talvolta sonosi osservate delle notabili agitazioni nel seno della terra, e alla superficie o nel seno delle acque.

64. I *lampi* i *fulmini* e i *tuoni* procedono dalle nuvole di temporale e sono effetti di vere scariche elettriche. Dicesi *saetta* o *folgore* una grande *scintilla* el.^{a}, talvolta più lunga d'una lega; stretta, tortuosa, lucentissima, spesso bianca, talora violetta o azzurrognola, rapidissima, seguita dal tuono. Il più delle volte la nuvola la scaglia verso terra, e allora chiamasi *fulmine*. Se è lanciata ad altre nuvole o ad altre parti della stessa nuvola, la saetta ritiene anche il nome di *lampo*: ma questo nome si dà ancora al *baleno*, ch'è un chiarore diffuso, molto più frequente della saetta, meno splendente, men bianco, spesso rosseggiante, talvolta azzurrino o violetto, che talora illumina tutta la massa nuvolosa e sembra uscire dell' interno e talora solo orla di fuoco il contorno della nuvola Quando il *baleno* è solcato dalla *saetta* serpeggiante, la differenza de' due fenomeni è manifesta.

Sogliono i lampi e i tuoni divenir più forti in ragione che cresce il temporale.

65. Talora il fulmine pare da' nuvoli lanciato contro corpi superiori ad essi. Sembra indubitato che alcune volte non parta dalle nuvole, ma ad esse ascenda dalla terra. Nè punto è inverisimile che la terra umida, avendo non lontano un nuvolo fortemente —,° sia, per influenza di esso, fortemente +a, e l'elettrico ad esso ascenda dalla terra. Non solo il nuvolone di arena infocata, che si forma sui vulcani in eruzione spesso lampeggia e fulmina, ora con tuoni ora senza, ma dal terreno medesimo ove cade quell' ardente pioggia, escono talora i lampi (*a*).

66. Qualche fulmine ascendente può essere *di ritorno*. Non è provato che sia frequente il caso d'un fulmine, che sceso in terra, ritorna alle nuvole: ma pare che talora sia avvenuto. Se l'el.°, più o meno allontanatosi dal luogo della sua caduta, trovi un terreno isolante, che ha sopra se un nuvolo —°, e sotto questo aria umida, e perciò conduttrice, e anch'essa —a, può per questa ascendere al nuvolo e formare la *folgore secondaria* o *di ritorno*.

Dicesi che qualche volta la saetta serpeggiante ripieghi il suo cammino e torni verso la regione, donde è partita. Almeno ciò s'è osservato in quella del Vesuvio nelle eruzioni del 1707 e del 1779.

67. La *folgore di ritorno* non dee confondersi col *contracolpo*, come suol dirsi, ossia colla scossa che talora alcuno sente benchè assai lontano dal luogo fulminato. Suole spiegarsi così. Un nuvolo fortemente el.° *induce* valida el.^{à} contraria nella terra e ne' corpi con essa comunicanti: se quello a un tratto si scarica, cessa l'induzione, e l'el.° che copioso e rapido rientra nel corpo dell'animale o ne esce, lo scuote. Sembra che tal fenomeno possa talora essere effetto d'*induzione elettrodinamica* ossia della corrente destata per induzione dalla corrente atmosferica. Si è detto che una persona può restare uccisa per questo effetto d' *induzione* el.^{a} non so che alcun fatto certo ciò provi: ma fortissime scosse talora si sono sentite mentre il fulmine cadeva a considerabil distanza (*b*): e queste possono forse credersi piuttosto effetti della *corrente indotta* che del cessare della *induzione elettrostatica*. Questa non dee poter dare all' uomo carica

(*a*) *Monticelli e Covelli*. Storia dei fenom. del Vesuvio . . . § 56.

(*b*) *Un esempio può vedersi ne' Comment. dell' Istit. di Bologna T. III. p. 96*, 202.

maggiore di quella che un fisico può dare a un conduttore che ha le dimensioni e la figura d' esso nomo, carica la quale non può far sentire forti scosse.

68. L' andamento a *zigzac* si osserva nelle folgori, come nelle grandi scintille el.e Può dipendere dal condensare che fa l' el.o l' aria, che urta, e trovar però impedimento a procedere in linea retta; ovvero dal preferire l' el.e le porzioni dell' aria più deferenti, delle quali meglio ha potuto cacciaro per influenza il loro proprio el.o. Talora le folgori (anche quelle de' vulcani) si dividono in due o più rami.

La somma rapidità delle saette e de' baleni si è provata nel modo stesso di quella della scintilla el.a e si è trovata che non duravano *o, oo1* di secondo (L. IV. § 106). Queste sperienzo hanno per altro mostrato che spesso sono più folgori, o baleni che rapidamente succedonsi, que' che sembrano un solo. Tal successione talora è visibile senz' altro, vedendosi nella stessa striscia un rinnovamento di luce. La permanenza della sensazione può far parere tai fenomeni men veloci di quel che sono. Appaiono per altro talora delle folgori non d' apparenza lineare ma più tosto globosa, e sono, almeno alcune volte, assai men veloci delle altre, e talvolta rimbalzano dalla terra, o si stanno per qualche tempo ferme o oscillanti. Queste sogliono essere assai funeste. Forse in queste folgori sono assai molecule ponderabili, come inzuppate d'el.o e da esso arroventite, o nascenti per sintesi o analisi prodotte dalla corrente el.a o da questa trasportato.

69. Il *tuono* ossia quello strepito che si fa nell' aria quando folgora, giunge a noi più tardo della luce (talora 40" o 49" dopo), benchè si supponga generato in un con essa. Ciò dipende dalla minor velocità del suono: così avviene nello sparar de' cannoni. Questo strepito è tanto maggiore di quello delle ordinarie scariche el.e quanto maggiore è la copia dell' el.o Il suono percorre circa *337. m.* in un secondo: contate i secondi che scorrono tra l' apparir della luce e l' udirsi del suono: tante volte *337 m.* dista da voi il più vicino de' luoghi ovo nasce il tuono. De l' Isle contò una volta tra il lampo e il tuone 72": la distanza era *24264 m.* o *6* leghe incirca. La durata del tuono, che non di rado dopo il principio cresce di forza, così può spiegarsi. Lo spazio, ove si fa e si propaga l' esplosione, è ampio: la parte, che ne è il centro, non è a noi la più vicina: ora il suono delle parti più vicine prima a noi arriva, e il più veemente giunge più tardi. Pare che così debba accadere ogni qualvolta la folgore cade a gran distanza da noi. In ragione dello spazio corso dalla folgore è il durar del tuono, che può esser più lungo a chi trovasi di là della nuvola folgorante e meno a chi è sotto: ode questi il rumore da destra e da sinistra e l' altro da solo un lato. Il tuono d' una sola folgore talora dura *40"* e anche *45."* Romoreggia talvolta il tuono per ore intiere; ma allora il folgorar delle nuvole è quasi continuo; e quando questo pel chiaror del giorno non appare, può credersi nascosto da nuvole sottoposte. È ancora prolungato il tuono dall' eco de' monti e anche delle nuvole, le quali s' è osservato che prolungano ancora il fragore delle cannonate.

70. Benchè folgori e tuoni vadan congiunti, come lo splendore e lo scoppiettio delle scintillette el.e nondimeno v' è qualche rarissimo caso di fulmine senza tuono; e, si dice, ancora di fulmini a cielo sereno: ma rispotto a questi è da ricordare che in altri tempi si confondevano i bolidi (§ 44) co' fulmini. Si sono pure sentiti tuoni senza nuvole, nè sembravano procedere da temporale nascosto dall' orizzonte. Non è provato che una massa atmosferica, carica di vapori e disposta a generar temporale, non possa produrli.

I *baleni* senza saetta e senza tuono, da alcuni credonsi saette nascoste in parte dalle nuvole, come la fiam-

ma della candela che pare più ampia e meno splendente in un vetro smerigliato. Ma la loro apparenza e l'assenza del tuono indicano più verisimilmente un particolar modo di diffusione dell' el.° più ampio e meno strepitoso delle folgori, e forse anche più ampio in apparenza per l'illuminarsi delle nuvole circostanti.

71. Nella calda stagione spesso di prima notte lampeggia presso l'orizzonte, nè udiamo tuono, e parecchie volte non vediamo nuvole: talvolta, ma di rado, ne risplende tutto il cielo. Come la luce del dì ci toglie il vedere alcuni lampi, mentre udiamo il tuono, così l'oscurità può farci vedere de' lampi, de' quali non udiamo il tuono, forse talvolta per la loro distanza o debolezza o perchè si generano in aria troppo rara. La nuvola lampeggiante può starsi ascosa sotto l'orizzonte, mentre nell' aria se ne riflette la luce: Almeno alcune volte altro non sono questi, così detti, *lampi di caldo*. Ho veduto una volta lampeggiare presso l' orizzonte, nè udiva tuono: ma poi, alzatesi le nuvole, quello si udì.

72. Gli effetti del fulmine sono in in grande quelli delle scariche el.e. Come queste, il fulmine si fa la strada pe' corpi, la somma de' quali gli offre la via più deferente. Però i corpi più ampli, di natura più conduttrice (i metalli e quindi i corpi umidi) o i più elevati e però più liberi e dotati di maggior capacità per l' el.e sono preferiti dal fulmine: divenendo oppostamente el.i per induzione, talora l'attraggono, anche attraverso le muraglie, e lo fanno deviare. I metalli da esso agevolmente si fondono e talora volano in fumo o vaporo: se la massa metallica è alquanto grossa la fonde in parte, in ispecie alla superficie e alle estremità. Produce i maggiori danni là ove entra o esce da una massa metallica. Se passa per una serie d'uomini o animali, corrono maggior pericolo que' che sono alle due estremità della serie. I corpi più combustibili sono bruciati o fatti carbone (legni, corde, fieno, paglia ec.). Talora non bruciano, benchè a contatto di metalli che in parte si fondono, perchè il gran calore a ciò necessario non dura che un momento.

La superficie delle rocce silicee o miste di silice e anche de' mattoni mostra spesso indizi di fusione e una crosta vetrificata. Trovansi ne' piani sabbiosi della Slesia, in Inghilterra ec. de' *tubi fulminei* o *fulguriti*, creduti a ragione lavoro de' fulmini: uno fu scavato nel 1823, dove era testè caduto un fulmine. Hanno talora 20 o 30 piedi di lunghezza o 2 poll. di diametro all' interno, ch' è vetro compatto e lucente: l'esterno è una scabra corteccia di grani di quarzo agglutinati. Ciò dimostra la grandissima forza calorifica del fulmine. Questa forza dee trasformare in vapore l'umidità degli alberi, della terra ec., e questo vapore, dotato di somma forza per l' elevatissima temperatura, può esser l'agente immediato di molti effetti meccanici del fulmine e anche della morte delle piante e degli animali.

Il fulmine cadendo su i pezzi di ferro, li calamita e anco talora le pietre ferruginose e i mattoni (Beccaria). Passando presso degli aghi d' acciaio o simili arnesi, li calamita ancora (L. IV, § 121, 122). Quando passa presso un *ago da bussola*, talora ne distrugge o assai ne indebolisce la forza, ora ne rovescia i poli e qualche volta ancora fa che quello che era polo N si volga ad ovest (Boyle), o anche a qualche direzione intermedia, come N — O, S — O. Questi *aghi* sogliono essere rombi assai allungati: nè è improbabile che il torrente fulmineo trasporti i poli dagli angoli acuti del rombo agli angoli ottusi, o ad altri punti intermedi fra queste due situazioni.

73. La folgore, come le altre correnti el.e, può produrre le analisi chimiche e promuover le sintesi: fa che combininsi l' ossigene e il nitrogene dell' aria e producano ac. nitrico.

Liebig nell' acqua de' temporali trovò sempre quest' acido combinato colla calce o coll' ammoniaca.

Il fulmine lascia spesso fumo e un odore, talvolta durevole per lungo tempo; anche ad aria aperta, eziandio sul mare. Questo odore si è detto per lo più di solfo: talvolta s' è paragonato a quello del fosforo o del gas nitroso: di questo sarebbe più facile la spiegazione. In generale può credersi derivare da particelle o nascenti chimicamente in virtù del fulmine o da esso volatizzate (L. IV, § 219).

Gli effetti più comuni e più noti del fulmine sono forare, spezzare, atterrare, e scagliar lungi i corpi. Gli alberi non di rado ne sono percossi, e suole scendere tra la corteccia e il legno, ch'è la via più umida, e lancia lontano lunghe liste d' essa corteccia. Spezza e trafora i corpi poco conduttori. Dicesi che talora trapassi le mura senza forarle: ciò può avvenire se il muro è attraversato da qualche ferro, ovvero (sia per umidità sia pe' materiali ond' è composto) è alquanto deferente.

Gli animali fulminati o sono all' istante uccisi, o gravemente offesi, o solo restano sbalorditi. I primi trovansi sparsi di macchie livide, col sangue stravenato in diversi luoghi; e presto si corrompono. Spesso si sono trovati nelle stesse posizioni che avevano quando furon percossi. Talora la morte è solo apparente, ma diviene reale ove non sian pronti i soccorsi, scosse elettriche, strofinazioni, scottature ec.

74. Ad occasione di temporali o burrasche veggonsi non di rado delle fiammelle sulle punte metalliche, e sulla cima degli alberi delle navi e in altre parti di essi. Gli antichi naviganti le chiamavano Castore e Polluce. Poi si sono dette *Stelle di S. Elmo*. Sono fiammelle el.e talora azzurrine. Se hanno apparenza di pennacchio, l' el.° ascende da' corpi terrestri all' atmosfera: se paiono stellette o palline luminose, l' el.° discende dall' atmosfera. Si assicura che in alcuni temporali, le gocciole pioventi o i grani di grandine destano luce, cadendo sui corpi terrestri o ancora urtandosi fra loro.

75. I *parafulmini* o *poli elettrici* sono approvati dalla ragione e dai fatti. Le parti più elevate d' un edifizio son preferite dal fulmine: così i metalli: dunque se una massa metallica ne occupi il punto culminante, il fulmine cadrà su di essa: e se il metallo continui e conduca l' el.° fin sotto terra e ivi metta capo in un' acqua ampia e perenne (mare, laghi, fiumi) il fulmine non lascerà il metallo per le parti men deferenti o isolate, e l'edifizio sarà protetto. I parafulmini si compongono d' un' asta metallica aguzza, campata in aria, e d' un conduttore pure metallico che scende dal capo inferiore dell' asta al suolo. Condizioni necessarie sono: 1. la punta dell' asta non sia ossidata; però è bene che sia coperta con lamina di platino: 2. il conduttore comunichi perfettamente o coll' acqua o con un terreno costantemente umido, o s' immerga nel suolo per 10 o 15 piedi in mezzo a una gran massa, non di carbone comune, ma di bracia smorzata; o comunichi con un ampio sistema di conduttori metallici: 3. sia perfetta continuità dalla punta all' estremità inferiore del conduttore: 4 tutte le parti abbiano dimensioni grandi abbastanza: il conduttore, s' è di ferro, non abbia diametro minore di mezzo poll. Trascurando queste condizioni, specialmente la 2ª e la 3ª, il parafulmine può essere non solo inutile, ma talora funesto. Ottima è un' asta composta di un cilindro di ferro di 25 piedi almeno e d'una verga di rame o di ottone di 22 poll. con punta di rame dorato o di platino di 2 poll. che insieme formino un cono di 2 poll. di diametro alla base. I fatti permettono di stabilire, che la virtù preservatrice delle aste elevate sulle parti culminanti d' una fabbrica, s' estende a un raggio doppio dell'altezza di esse sopra tai punti. A proteggere un vasto edifizio è d' uopo di più parafulmini: meno le aste sono alte, e più deono essere numerose.

La luce che si manifesta in questi apparati ne' temporali, il fuoco, talvolta continuo, ov' ha interruzioni, e i segni elettromagnetici, indicano assai, che, anche quando non ricevono il fulmine, scorre per essi l'el.° perciò si crede che scarichino mediatamente la nuvola; e non sembra improbabile che talvolta scarichino abbastanza, non dico un grandissimo, ma un piccol nembo, per impedire il saettare de' fulmini, ciò che alcuni fatti confermano.

Si è osservato che un temporale, passando sopra una vasta foresta, molto s'indebolisce. Se ne deduce che gli alberi tolgono alle nuvole procellose parte della carica el.ª e però sono un mezzo che può diminuire il pericolo e il danno de' fulmini (*a*).

I due capi segnenti potranno dar qualche lume alla materia trattata nel presente.

CAPO XIII.

De' vortici o Trombe di mare e di terra.

76. Per lo più questi fenomeni osservansi in mare, e allora diconsi più propriamente *trombe*. Ne' giorni nuvolosi, essendo il mare sconvolto e le nuvole basse e agitate scende talora (e spesso senza il precedere, almeno in basso, di venti impetuosi) dalle nuvole al mare una colonna e più spesso un imbuto o cono, per lo più rovesciato, della materia stessa delle nuvole, le quali per tale intermedio s' uniscono al mare. Si agita questo, gorgoglia e manda getti d'acqua: ne sorge pure copioso vapore, che forma la base della *tromba* spesso assai ampia; la quale talvolta precede lo scendere della nuvola. Questa pare allungarsi in tubo vuoto e trasparente: il vapore vescicolare ascende per esso e ne turba la trasparenza: al basso sovente è sottile, ma presso l'estremità inferiore torna talora a ingrossare: altre volte è pari a una grossa trave o maggiore. La tromba spesso s' ingrossa, mentre procede. Suole avere due moti, uno di traslazione, e uno, ora debole ora velocissimo, di rotazione sull' asse. Alcune volte appaiono le *trombe* sui laghi e sui fiumi. Spesso vicino al lido diminuiscono, e giunte ad esso si spezzano, e la parte superiore è riassorbita dalla nuvola, ma non di rado passano in terra, o viceversa, e conservano i loro moti. Soventi volte sono precedute o accompagnate o seguite da grandine.

77. Alcuna volta la tromba o vortice è un cilindro o cono diritto colla base sull' acqua che non s' unisce ad alcuna nuvola. Quello che traversò Roma l'a. 1749, compariva un nuvolone allungato e scuro, *ma a ogni tratto infocato*: venne dal mare di Ostia. Quello, che pochi anni prima passeggiò lentissimo alcune campagne poco lungi da Prix in Provenza, apparve da prima come un *enorme piramide di fuoco e fumo e altri colori*: la sommità arrivava alle nuvole (*b*).

Hanno le trombe diversi colori, come le nuvole minacciose. La parte media spesso è trasparente nelle *trombe d' acqua*, o lo diviene quando la tromba comincia a distruggersi.

Talvolta le trombe hanno una velocità di 10 e 12 leghe per ora: alle volte sono assai lente. Talora s'inalzano e discendono alternamente. Più sono ampie, e più soglion durare: per altro dicesi che non sieno molte quelle che durano più di mezz'ora. Sovente romoreggiano, e lasciano odor sulfureo.

78. Finchè le trombe passeggiano sull' acque sono pericolose o funeste alle navi, ora premendole, e più spesso, sollevando merci, uomini, o il corpo stesso della nave o perigliosamente aggirandolo: ma non sogliono veder-

(*a*) *Molte altre cose posson vedersi presso gli autori citati l. F-C.V. C. XV. e XVI. V. ancora Belli* Fis. *1585—1628. Arago* Annuaire pour l' a. *1838*.

(*b*) *Boscovich*. Sopra il turbine ec. Dissertaz. *p. 9, 11, 89*.

si apparenze ignee, se non forse qualche lampo. Tali apparenze, spessi splendori e lucidissimi lampi sono frequenti in quelle che nascono in terra o dall' acqua sono passate a terra (*a*).

Tremenda è la forza di questa meteora. Talvolta suscita dinanzi a se venti fuor d'ogni misura impetuosi. Urta per ogni verso, e di ciò che l' è ostacolo, fa pezzi i quali scaglia eziandio lontanissimo. Leva in alto le navi, porta i tetti, innalza pavimenti, abbatte muraglie, sradica grossi e gagliardi alberi e gli accartoccia, torce grossi ferri, arieta cogli alberi de' vascelli grosse muraglie e le trapassa da parte a parte, vuota d'acqua gli stagni e ne disperde i pesci, travolve e trasporta a gran distanza animali, mattoni, travi ec:, e così posson cadere pioggie non pur delle sostanze, di cui parlano gli antichi, ma e di carta e di cera e d' animali (com' è avvenuto) o d' ogni sorta di corpi.

Alcuni effetti sono prodotti dall'urto della meteora, altri mostran chiaro un gran rarefarsi d' aria nel suo centro, il quale costringe l'aria esterna ad accorrere ad esso con impeto, che rovescia, trasporta ec.

Nelle grandi tempeste dell' oceano sembra che si formi una quantità di queste trombe, e qualcuna di ampiezza straordinaria (*b*).

79. Sarebbe troppo lunga faccenda descrivere tutti gli effetti delle trombe, troppo ardua volerli tutti spiegare. Del fenomeno principale si danno due spiegazioni, elettrica una, l' altra meccanica. I lampi, lo splendere maggiormente, se sieno generate sulla terra o ad essa ascese, il fragore che le accompagna, i fori che lasciano negli edifizi, assai chiaro palesano che l' elettricità entra almeno come effetto in questo fenomeno. La vaporazione dell' acqua, la liquefazione del vapore, e il mescersi d' arie, vapori e acqua di temperature diverse, posson produrla, e accrescerla le chimiche azioni da essa generate e indicate dall' odore. Può senz' altro l'elettricità, discesa dalle nuvole per la tromba, palesarsi, specialmente in quelle di terra. Se mentre una tromba pende dalle nuvole, un' altra o un piede di tromba appare sul mare, può questo soffrire l' influenza elettrica di quella: si è veduto sul mare un piede di tromba aspettare immoto, a dispetto del vento, una tromba, da cui pareva attratto e che venne ad unirsegli.

80. Non ostante ciò, la cagion principale sembra meccanica. Il C. Saverio de Maistre sperimentò che eccitando un vortice ossia un moto rotatorio in un fluido posto sopra un altro più denso, questo ascende (Fig. 65) in forma di tromba e all'esterno lentamente discende. Destando il vortice al fondo del liquido, nasce una tromba discendente d'aria (o d'olio se questo sovrasti) dalla superficie al fondo (s' immagini la fig. *65* rovesciata, ma col manubrio in alto) e l' aria risale lungo le pareti del vaso: se il vortice si fa nel mezzo della colonna fluida (fig. 66), nasce una tromba ascendente e una discendente che vanno lungo l'asse della colonna alla sua parte media.

81. Formandosi un vortice alla superficie d'un liquore, la forza centrifuga lo caccia alla circonferenza e produce un' incavo: l' equilibrio non può ristabilirsi che per l'asse del vortice non soggetto a essa forza: però il liquore premuto dalle colonne laterali più alte s'alza lungo l' asse, e siccome sempre è respinto alla circonferenza, v'è corrente ascendente continua nell' asse (Fig. 65). Nel secondo caso questa è discendente, perchè il fluido cacciato dalla forza centrifuga lascia un vuoto, in cui scende lungo l' asse prima l' acqua, indi l' aria. Il terzo caso consegue dagli altri due. Se il vortice si fa nelle parti più basse dell'aria sopra l' acqua, pare che mentre scendono dall'alto aria e vapori, debba pure verso l'alto ascender l' acqua.

82. Se per lo cozzar de' venti si fa in aria un vortice, questo propagasi

(*a*) *Boscovich*: *ivi* p. 86 *e seg.*

(*b*) *Boscovich*: *ivi* p. 66 *e seg.*

alla superficie dell' acqua, e può da questa ascendere una tromba più larga alla base che all' apice, benchè niuna nuvola sia in alto. Tal fu la tromba veduta sul lago di Ginevra il 3 dicembre 1832. Per lo più le nuvole non mancano e lo stesso incontro di più masse d'aria dee produrle (§ 34, 36). Osservava il C.e Maistre che se nell'acqua ove suscitava la tromba ascendente, erano due polveri, una più, una meno sottile, questa formava un tubo, e l'altra saliva nell'interno. Così nelle trombe d' acqua sovente si vede il vapor concreto salire in un tubo d' acqua.

La figura più ordinaria delle trombe sembra indicare che la più parte di esse si fa presso la superficie del mare o della terra, o poco più alto, probabilmente per un inalzamento vorticoso d'aria riscaldata (mentre per avventura la superiore è raffreddata e adombrata da un nembo), che è stata qualche tempo immota, e per l' accorrere da tutti i lati, al luogo ove quella ascende, dell' aria bassa e di quella che svincolandosi dall' acqua la fa gorgogliare e finalmente d' essa acqua, che per la rarefazione dell'aria copiosamente vapora. Il vapore elastico pel freddo prodotto dalla dilatazione, e prima quello ch' è salito a più fredda regione, diviene vapor concreto o acqua liquida. Se il vortice è sopra la terra, accorrono le arene e i corpi leggieri, e procedendo il vortice, più accumula di materia solida e diviene più possente e dannoso. L'aria alta e vaporosa scende a riempire il vuoto che lascia nel mezzo il vortice ascendente, e prende forma d' imbuto rovesciato, formato in gran parte di vapore vescicolare. Talora le due parti visibili, ascendente e discendente, appaiono separate, almeno per qualche tempo, ma nulla vieta che un vortice aereo invisibile le congiunga (a).

83. Vide il C.e Maistre che il diametro della tromba era maggiore a misura che la materia di essa era più pesante e più grossa. Le trombe di terra hanno spesso gran mole.

È probabile che per lo più l' acqua non si sollevi assai nelle trombe, ma bensì il vapore che dee formarsi in copia pel gorgogliare, salire, ricadere e dividersi d'essa acqua. Almeno si sa che assaggiata l'acqua di alcune trombe di mare, s'è trovata non salsa, ma dolce.

CAPO XIV.

Della Grandine.

84. Ognuno sa distinguere la vera grandine dalla neve. Ma cadono talora globetti trasparenti di ghiaccio, non accompagnati da alcun fenomeno di temporale, e in tempi e luoghi, ne' quali non suol cader vera grandine (§ 40). Questi si considerano da alcuni fisici come gocciole d'acqua aggelatesi, attraversando una nuvola o una massa d' aria più fredda. Astraendo dal freddo che può produrre una dilatazione per cagione elettrica o meccanica, una nuvola riparata da' raggi solari, specialmente se non molto lontano dal suolo gelato, può essere alquanto più fredda d'una nuvola superiore. Parecchie volte queste palline sono coperte d'un polviglio farinoso, che le fa opache, e sembra prodotto da molecule di vapor gelato, attaccatesi ad esse palline mentre scendevano.

85. La gragnuoletta minuta, chiamata *neve gelata* o *nevischio*, è come una cosa di mezzo fra neve e grandine, e suol cadere (ne' luoghi non troppo freddi) piuttosto che in altro tempo tra la stagione della neve e quella della grandine. Si riguarda come grandine appena abbozzata. Talora i suoi granellini si uniscono in forma di stelle, analoghe a quelle della neve. Alcune volte questi grani opachi e abbastanza compatti sono rivestiti d'una crosta di ghiaccio, e allora più s'avvicinano alla vera grandine.

(a) *Analoghi a queste trombe sono i vortici, che talvolta producousi dai grandi fuochi circolari. Redfield* Bib. Univ. Aout *1840. p. 402.*

80. Difatto i grani di questa sono ghiaccio più o men trasparente con entro un nocciolo bianchiccio, ora duro all'incirca quanto l' esterno, ora meno, per lo più sferico.

Questi grani non diconsi straordinariamente grandi, se non sieno eguali a una nocciuola. Spesso sono minori; non poche volte maggiori. Si assicura che alcuni avevano la grandezza di uova non solo di gallina (ciò non è caso rarissimo) ma di struzzo, di grossi limoni, della testa umana, che non pochi pesavano tra *8* e *13* once; alcuni *3*, *4* o *5* libbre. Talora da principio sono piccoli e vanno a mano a mano ingrossando; ma s'è anche veduto in una caduta di grandine il numero de' grani andar crescendo e la lor mole generalmente diminuire.

I grani specialmente se sieno un po' grandicelli, deviano più o meno dalla forma sferica: sovente sono compressi, come le grosse gocce di acqua, scendenti nell'olio; ora quasi ovati, ora quasi emisferici, o in forma di lenti, o piramidali, o conici, o più irregolari e mostruosi. Qualche volta queste figure si debbono all' essersi conglutinati più grani. Assai volte il nocciolo è cinto da croste alternanti bianche e trasparenti, di rado più di *4*: ma talvolta se ne sono contate 7 o *9* (Casari).

Molte palle di grandine, di superficie scabra, per punte acute sono formate di raggi che vanno dalla superficie al centro: anco in queste talora si veggono le croste concentriche. Il più sovente si spezzano in aria, e cadono in forma di piramidi con base alquanto convessa. Ho veduto in tal forma anche il nevischio, ma coperto di molecule nevose opache. Le palle mentovate sembranò fatte d' un sol getto: Boisgiraud non riuscì a trovare delle giunture naturali fra le diverse croste, o tra queste e le punte acute trasparenti.

Osservò alcune palle, nell'interno formate da due o più grani intimamente uniti e non possibili a separarsi; e vide pure de' noccioletti nevosi simili alla parte centrale, penetranti un poco nella parte esterna e diafana del grano, i quali *sembravano esservi penetrati, come un corpo caldo in una massa ch' esso strugge*: queste palline si estraevano dal grano senza molta difficoltà. Il medesimo fisico ha veduto talora delle grosse gocce di pioggia schiacciarsi e aggelarsi cadendo su corpi, che non sembravano atti a tale effetto; e ha creduto trovare grande analogia tra la struttura interna di tali gocce gelate e quella di certi grani di grandine (*a*)

Alcune volte cadono co' grani delle lastre di ghiaccio di varie figure e grandezze: ora piccole lenti diafane piano-convesse, (Adanson), ora grandi lenti convesso-convesse con irregolar contorno e qualche rudimento di cristallo, ora circolari o ellittiche con centro opaco e attorno cerchi o ellissi di gelo alternamente trasparente e opaco, ora sottili e trasparenti nel mezzo con orlo grosso e in questo gli stratarelli alternanti ec. (Casari).

In molti grani manca il nocciolo solido; invece non v' è che aria con qualche filetto di gelo (Michaud, Casari), è in alcuni acqua liquida (Senebier, Bellani).

Parecchi racchiudono corpi stranieri, arena, frammenti di pozzolana, o d' altre sostanze minerali ec: si afferma che talora anche paglie o altre sostanze organizzate.

87. Tutte queste circostanze sono identiche a ciò che si osserva nelle altre sostanze minerali, quando l' attrazione molecolare le unisce in masse, nelle quali, più o meno, appaiono spesso i vestigi della cristallizzazione confusa. L'acqua tende a cristallizzarsi, e s' è veduta talvolta in cristalli regolari: ma questi difficilmente si fanno nell'agitazione d' un temporale. Attestano per altro d'averne osservati, il Casari alcuni, aderenti alle lastre e palle della grandine caduta in Padova il *26* agosto *1834* e Le Coq

(*a*) Ann. de Ch. et Phys. *LXII*. *p. 91*.

a Clermont. Men difficilmente si osservano gli effetti d'una cristallizzazione turbata e confusa. Tal' è quella delle palle fibrose e radiate con superficie coperta di punte. Tali sono forse le lenti diafane e i cilindri o lastre a un dipresso cilindriche (a).

88. Il vapore elastico, e anche il concreto, non pare che aggelan do dia altro che neve o filetti di gelo che congiunti fanno masse opache. L'acqua liquida fa ghiaccio unito e trasparente. Mentre s' aggela in un vaso o in una pallina di vetro, non di rado l'interno non appare diafano come l' esterno. Dunque il nocciolo opaco non è certo argomento, ad ammettere preesistente un grano di nevischio alla grandine con tal nocciolo. Tuttavia, essendo il nevischio frequente nell' alto, anche nella state, e l'acqua (come l'altre sostanze) consolidandosi volentieri attorno a un punto di appoggio, benchè di materia straniera, sembra possibile che attorno a quello più spesso e più facilmente s'aggeli.

Il polviglio gelato, frequente nella piccola grandine (§ 84, 86), ch' è una specie di brina precipitatale addosso, nel traversare l'atmosfera, cuopre talora la grandine propriamente detta: lo stesso intonaco separa le diverse croste formate dalle gocce d'acqua successivamente aggelate (Bellani).

89. La grandine può cadere in qualunque ora del dì o della notte: la maggiore è più frequente tra l' una ora e le quattro pomeridiane; ma talvolta cade di notte avanzata o ancora in sul far dell'alba. Ciò prova che l'alta temperatura o l'energia de'raggi solari non è condizione essenziale al farsi o all'ingrossar della grandine.

Può visitarci la grandine in ogni tempo dell'anno. La maggiore nel nostro emisfero suol cadere tra maggio e agosto; ma nel cuor della state sembra men frequente che non quando il calore è più moderato. In marzo e aprile la grandine non è rara. Ma ne' diversi climi ciò dee variare. Nelle regioni polari, ove i temporali son rari, molto rara è pure la vera graudine. Nella zona torrida non suol cadere se non su' luoghi alti almeno 1500 o 2000 piedi sopra il livello del mare. Si assicura che in uno stesso temporale cade grandine assai minore nelle cime de' monti che su' piani vicini. Quella che cade sugli alti monti per lo più è grandine piccola o nevischio. (Scheukzero, Fromond, Muschenbroek, Beccaria, Saussure).

90. Mentre grandina, l'aria è forte agitata: ma spesso la meteora è preceduta da calma; come pure le trombe e i temporali.

Per lo più la grandine precede o accompagna la pioggia; di rado la segue. Non suol durare che breve tempo il cader della grandine in un dato luogo: si giudica lunga se lo flagella per 15' o 20', lunghissima se per mezz'ora. Ma se il nembo grandinoso non resta a un dipresso nello stesso luogo, e invece viaggia veloce, dura talvolta parecchie ore. Tal differenza s' intende, se il propagarsi del nembo di regione in regione è meno un trasportamento delle stesse individue parti nebulose, che un suscitamento successivo d' una serie di temporali grandinosi, lungo una linea, ove l' aria è vaporosa, e nulla si oppone al suscitarsi di quelli. Talora il nembo grandinoso procede con velocità di parecchie leghe (e. g. 16) per ora.

È la grandine accompagnata da tuttociò che costituisce un temporale: nubi scure e di varî colori, assai agitate, che mutano figura, gonfiansi, s'addensano ec. e in ispecie forte elettricità. Per lo più è preceduta da lampi e tuoni, e talora da un sordo e cupo mormorar del cielo: l'accompagna talvolta un incessante balenare. Quando mancano i tuoni e i lampi, non mancano negli strumenti i segni di forte elettricità; i quali s' associano anco al nevischio (Saussuro). Si è osservato che mentre grandina, d' ordinario soffiano venti contrari.

(a) Intorno alla grandine. Mem: Giorn. Arcad. T. LXIII. parte 1a.

91. Abbiam indicato (§ 76) che la grandine è non poche volte compagna de' vortici o trombe. Queste hanno i caratteri de'temporali; e i nembi grandinosi hanno quei delle trombe. Alcuni temporali sembrano più o meno elevati e giganteschi vortici scorrenti l'aria: e. g. quello del *1788* descritto da Tessier, strascinato da vento vertiginoso che torceva gli alberi, devastò due zone parallele, lunghe, una *173*, l'altra circa *200* leghe, larghe una 4 e l'altra $2\frac{1}{4}$, e fra loro distanti leghe $5\frac{1}{4}$. Il moto vertiginoso dell'aria dee ne'temporali essere assai comune. Facilmente lo produce l'incontro di venti diversamente diretti, o il precipitare o il salire d'una massa d'aria per mutata temperatura. Forse sempre ne' temporali grandinosi sono uno o più grandi vortici o un gran numero di piccoli; e così negli altri temporali, che danno grosse e fredde gocce, per freddo un poco minore o non aggelate o struttesi nel discendere. La grandine nelle trombe presso il suolo, e nei nembi aerei è da credere che si faccia allo stesso modo.

92. Il vapore asceso nelle trombe diviene liquido e dee mescersi al vapore concreto sceso dall'alto. Quest'acqua raffreddata dalla dilatazione prodotta dal moto vorticoso, dall'aria fredda discendente dall'alto, o forse dalla elevazione, benchè non eccessiva, della sua parte superiore, non potrà raffreddarsi sotto lo zero e aggelarsi? Il freddo prodotto dalla dilatazione non potrà aggelare il vapore ove si dilata esso e l'aria, cioè, presso l'asse del vortice, ma potrà attorno attorno essere occasione di tal'effetto. L'agitazione, il moto vorticoso dell'aria, gli urti scambievoli, il moto rotatorio de' pezzetti gelati (veduto da le Coq (*a*) nella grandine) non potran per lo più ridurre questi in grani di figura non assai lontana dalla sferica? Se così va la cosa, lo stesso potrà accadere ne' più elevati nembi, o allorchè la parte superiore d'una tromba vola a riunirsi alla nuvola, e anche meglio appunto per l'elevazione de' luoghi. Se aggelasi il vapore concreto, si avrà nevischio: se l'acqua già liquida, vera grandine, ciascun grano della quale potrà contenere un grano di nevischio, se quelli si sono formati su questi. Come l'acqua si sostiene nelle trombe, così potrà sostenersi la grandine, men pesante in ispecie, nel nembo grandinoso per la forza del vento, pel moto vorticoso, per gli impulsi che riceve ver l'alto. Le Coq osservava un nembo che gli passava sopra il capo: portava, secondo lui, i grani di grandine già formati e non cadevano; caddero poi mezza lega lungi dal luogo, ov' esso era. Così i grani possono crescere, e acquistare cospicuo volume coprendosi di nuove croste di gelo. Questa semplice ipotesi rende abbastanza ragione del farsi della grandine.

Se così è, l'elettricità, compagna fedele della grandine, sarà fenomeno concomitante, non primaria cagione di essa. Potrà per altro e influire in alcune circostanze accidentali del fenomeno, e forse co' movimenti prodotti dalla sua attrazione, cooperare all'unione delle particelle acquose e gelate, e così al farsi del primo nocciolo della grandine, e forse eziandio all' addossarsi a' grani già formati altre gocce d'acqua fredda, e così influire nel crescer di quelli.

93. Alcuni amano di attribuire la grandine all'elevazione del suo luogo nativo; e opinano ch'essa sempre si formi ove il freddo dell'atmosfera è sufficiente in qualunque stagione a produrre quell'aggelamento. Finchè non sia dimostrato il contrario, mi sembra cosa prudente tenersi alle testimonianze di valenti fisici e osservatori, i quali attestano che le nuvole grandinose sono parecchie volte poco elevate, e certamente non quanto si richiederebbe all'effetto (Aristotile, Volta, Dumbalte, Hombres Firmas, Pouillet, S^t.

(*a*) *Comptes rendus*... 1836 *sem. I. p.* 324 — *Bibl. Univ. Juin* 1836. *p.* 217.

Martin e Lacoste ec.) De Luc scrive d'una gran massa nuvolosa, che versò copia prodigiosa di grandine. « La » sua *parte superiore* non arrivava a » regione molto elevata, nè ho osser- » vato che ciò avesse luogo in alcuna » delle nuvole procellose, le quali ho » avuto occasione d'osservare, sia » dall'alto, sia a conveniente distanza » verso l'orizzonte. » *(a)* I grossi grani d' una grandine accuratamente descritta da Boisgiraud, sembravano scender poco veloci e non rimbalzavano cadendo sui tetti elevati: *per contrario arrivati al suolo essi facevano numerosi salti*. Se fossero precipitati da regione assai elevata, il moto sarebbe divenuto uniforme o almeno la poca differenza delle vie percorse non avrebbe cagionato diversità di velocità così sensibile, come sembra indicarla il fatto accennato.

Il freddo de' luoghi elevati se non sia accompagnato da venti opposti ò vorticosi, non vediamo che produca grandine o temporali o straordinaria elettricità.

Pretermetto, per servire alla brevità, le varie ipotesi, che si sono proposte a spiegare la grandine per mezzo dell'elettricità *(b)*.

CAP. XV.

Dell' Aurora Boreale

94. Questo bel fenomeno, raro nelle nostre contrade, assai frequente rallegra lunghe notti delle regioni più vicine ai poli.

Le belle *aurore boreali* per lo più appaiono quando il cielo è senza nubi, e solo alquanto l'offusca un vapore presso l'orizzonte. Dal lato del nord ov'è raccolta quella specie di nebbia, appare luce confusa, sensibile al cadere del giorno: poi s'alzano coma de'razzi che sembrano tendere allo zenit. Sorgono poscia a poco a poco, una a oriente, una a occidente, due lucide e maestose colonne, e cangiando incessantemente colore e aspetto, salgono a grande altezza, mentre nastri di fuoco più o men vivaci guizzano lungh'esse e colle loro spire le avvolgono. Indi le sommità delle colonne s'inchinano una ver l'altra a fare una zona o come una gran volta (divisa talora in più archi bianchi o coloriti) che abbellisce il ciel notturno per ore intiere. Questa zona spesso sembra formarsi senz'altro, illuminandosi il lembo del sottoposto spazio, quasi sempre nebbioso e scuro, ma traversato di tanto in tanto da luce diffusa. Tale ammasso nebbioso sembra spingere in alto la zona luminosa. Da questa o piuttosto da quello continui getti o colonne lanciansi lucidissime al cielo, passano pel zenit e concentransi in poco spazio che dicesi la *corona* dell'aurora boreale. La luce di questa, che talora soverchia quella della luna piena, dopo alcune ore e talvolta dopo pochi minuti, indebolisce e a poco a poco manca.

95. Raro è che l'a. b. aggiunga a tutta la sua perfezione e pompeggi in tutta la sua magnificenza. Ora mancano i getti di fuoco, o la zona o la corona, ovvero queste sono incompiute : ora cangia a ogn'istante di aspetto : ora le nuvole frapponendosi turbano il fenomeno. Talvolta non è più che una luce sparsa presso l'orizzonte e simile alla vera *aurora*. Anche le più magnifiche si riducono nel cessare a una simil luce. Talora l'a. b. forte indebolita, sembra moribonda , e a un tratto s'avviva e si fa ancora ammirare per qualche tempo.

(a) V. Bellani, Invito per la soluzione di un problema sulla formazione della grandine (Bibl. Ital. Luglio *1840. p. 65*) e *in particolare la pag. ultima.*

(b) I. F-C. V. C. XVII. — Giorn. Arcad. *T. LXIII. p. 139*. 249 — *Fra quei che hanno scritto della grandine possono in particolare consultarsi: il libretto, che ha per titolo.* Sulla formazione della grandine Mem. di *A.* Volta. con artic. del *C. A.* Bellani *1824* — *Belli* Fis. *T. II.* § 790. *T. III.* § *1579—1583*— Sulla Grandine Mem. di *A.* Bellani *1834*.

A latitudini assai boreali appare talora il fenomeno non verso nord ma verso sud; e non di rado pare che occupi tutta la volta celeste.

Nell' emisfero australe appaiono le *aurore australi*: perciò il nome di *aurore polari* più conviene al fenomeno in generale che non quello usato di *aurore boreali*.

96. La sommità e il centro della zona o delle zone dell' a. b. sogliono trovarsi nel piano del meridiano magnetico del luogo dell' osservazione, o assai presso a esso piano; così il centro della luce diffusa, se essa forma tutta l' a. b. ossia il fenomeno appare collocato simmetricamente rispetto all'asse magnetico del globo. Questo fatto è costante, benchè i meridiani magnetici cangino di luogo.

Il centro della *corona* dell' a. b. s' è trovato essere il punto verso cui si dirige l' *ago d'inclinazione*. Le colonne luminose sembrano archi convergenti verso quel punto, per effetto di quelle illusioni di prospettiva, per le quali tutti gli astri paiono attaccati alla *volta del cielo*, e i fascetti di raggi vibrati per le aperture delle nuvole paiono assai convergenti verso il sole, benchè sieno piuttosto paralleli. Le nostre colonne debbono esser parallelo fra loro e all' ago d' inclinazione.

Gli aghi calamitati delle bussole di declinazione e d'inclinazione alterano la loro situazione in tempo dell' a. b., eziandio in luoghi assai lontani da quello ov' essa è visibile, e anche molte ore prima ch' essa apparisca.

Alcune a. b. hanno dato segni evidenti di elettricità cogli elettrometri (Canton, Morozzo, Volta, Colla).

La luce dell' a. b., secondo le indagini di Biot e di Brewster, è luce diretta, non riflessa o refratta.

97. Se questo fenomeno ha sede fuor de' confini dell' atmosfera, dee seguire il corso generale degli astri da est ad ovest. Ora per contrario essa si mostra in cielo al tutto immota per ore e ore, senza partecipare del moto apparente degli astri, e solo soffre, come le nuvole, movimenti accidentali. Dunque non è di là del termine dell' atmosfera. Conferma ciò l' attestarsi che si fa da alcuni che si eccita da essa qualche fetore (*a*), e da molti che fa udire un certo strepito.

98. Non è giunta l' ora di spiegare questo luminoso, ma oscuro fenomeno. Non sembra dubbio che le correnti elettriche abbiano in esso gran parte, se rammentiamo ciò che s'è esposto nel L. IV. Sez. II. Ma allorchè l' elettrico scorre e produce i fenomeni elettromagnetici, cessano gli elettrostatici: com' è che qui le due classi di fenomeni sono riunite (§ 96)? Forse allorchè si hanno segni all' elettrometro (i quali non si sono se non poche volte osservati e spesso mancano eziandio nelle belle a. b.), allora alcune correnti elettriche soffrono difficoltà nel loro cammino, non sono assai veloci e però mostrano qualche tensione?

99. Le correnti elettriche tendono a porsi parallele alle correnti della terra e dell'ago calamitato e normali a queste (L. IV. C. XVIII, XIX); e le correnti che si destano o s'avvivano o s'avvicinano ne suscitano altre parallele anch' esse, ma oppostamente dirette (L. IV. C. XX). Le zone o archi dell' a. b. pare che invero dispongansi paralleli all' equatore magnetico. Nella celebre a. b. del 19 ottobre 1726, alcune masse della materia, che formavano la zona scura frapposta tra 2 luminose, parevano costantemente andare da un capo all' altro, da est a ovest (Godin): ma più volte gli archi luminosi sono apparsi formati da brevi raggi verticali, come nell' a. b del 3 dello scorso Gennaio (1840), osservata da Necker da S ussure nell' isola di Sky. E che diremo de' grandi raggi o colonne quasi sempre parallele all' ago magnetico e però normali alle correnti terrestri? Non è nodo facile a sciogliersi, se non si pensa che que' raggi sieno non già

(*a*) *Ciò si è anche recentemente osservato a Parma dal sig. Colla.*

correnti rettilinee, ma vorticose e quasi *cilindri elettrodinamici*. Abbiamo veduto (§ 94), nelle prime colonne nate a formar la zona principale, de' fuochi serpeggianti cingerle ed avvinghiarle. Nell'a. b. or mentovata vidersi le parti della zona scura aggirarsi in vortici e allora uscirne innumerabili getti luminosi, che in istanti occuparono quasi tutto il cielo. Daniell, descrivendo i fenomeni luminosi che osservava col mezzo della pila e delle punte di carbone, afferma che *la fiamma, allorquando usciva del polo della calamita, acquistava un movimento di rotazione*. Uscendo de' poli magnetici della terra una materia assai divisa e assai ricca d' el.° non potrà acquistare un simil moto? Altronde copiose apparizioni di *stelle cadenti* (C. IX) si osservano non di rado, mentre splende l'a. b.; e questo fenomeno sembra avere ancor esso delle apparizioni periodiche: cominciando dall' a. *1827* fino al *1840* si è osservato *14* volte tra il 12 e il 22 di ottobre. È una stessa la cagione di questa meteora e delle *stelle cadenti*? Se così è, ciò che a taluno pare probabile, scenderà la materia dell'a. b. dall' alto del cielo, anzi che sorga dalle profondità della terra (*a*).

Qual'è la sorgente dell'elettricità che non sembra dubbia nell'a. b.? Di qual natura è ella mai quella materia non rilucente per se, scura s' è densa, trasperente se rara? Non è necessario dare una risposta, la quale non potrebbe essere che una congettura poco fondata; tantopiù che l'avanzamento della dottrina elettromagnetica e le osservazioni che si moltiplicano, fanno sperare non lontano il momento, in cui a tai quesiti si risponderà più fondatamente e si avrà una teorica soddisfacente di questo fenomeno. E tanto vò che mi basti aver detto e di questa e dell' altre meteore.

(*a*) Bi. Univ. Janv. *1840*. *p. 181* — Septembre *p. 170, 172* — Novemb. *p. 206*.

CONCLUSIONE

100. Riandando le cose dette in questo libro, ci sentiamo costretti a confessare che la meteorologia è tuttora poco avanzata, o certamente assai meno di quanto farebbero presumere la sua grande antichità, e l' avanzamento di altri rami della scienza naturale assai giovani e comparativamente ad essa bambini. Abbiamo per altro motivo di credere, che anche la meteorologia sia per fare, e forse quantoprima, progressi considerabili. Perciocchè essa non è più *stazionaria*; le osservazioni si moltiplicano; gli osservatori sono diffusi quasi in tutte le parti del globo; la massa, già enorme, de'fatti va ogni giorno crescendo; e la via che si batte è la vera, poichè la spiegazione de' fenomeni meteorologici, si cerca nelle dottrine spesso certe, talora assai verisimili della fisica e della chimica, e in particolare in quelle del calorico, de' vapori e dell' elettricità. Le nuove scoperte saranno figlie di nuove osservazioni, e forse di migliori metodi e di maggiore uniformità in alcune specie d' osservazioni.

Intanto ciò che sappiamo intorno all' atmosfera e alle meteore, assai ne mostra che tutto è regolato nell' alte regioni dalle stesse sapienti e provide leggi, che quaggiù producono i vari movimenti de' corpi, le proprietà de' gàs, le trasformazioni del vapore, la luce, il calore ec: assai manifesta la coordinazione a'nostri organi de'grandi agenti della natura; assai palesa la destra del sommo ed unico Artefice, i fini da Lui intesi, il perchè delle leggi per Lui imposte. Senza alzare lo sguardo a' suoi voleri ed a' fini suoi sapientissimi, non sappiamo indicare la cagion vera de' fenomeni, ma solo generalizzarli, aggregarli in generi e in classi, ed ai fatti generali e uniformi dar nome di leggi, nome assurdo (preso letteralmente), se non s' abbia riguardo al Legislatore. Nè altrove può rinvenirsi la cagione o il perchè dell' impenetrabilità, dell' attual divisibilità, della porosità della materia e delle leggi del moto, se non nelle cause finali, cioè ne'fini saggi e utili (non tutti ascosi da velo impenetrabile), pe' quali il Creatore ha voluto che le cose fosser così e non altrimenti.

È inutile trattenersi in dimostrare l' utilità e la necessità dell'atmosfera: senza questa massa elastica invano l' essere ragionevole sarebbe dotato dell'organo della loquela per comunicar co' suoi simili, invano i volatili di ali e di penne, e alcuni fra essi d' un armonioso strumento, invano il regno animale di polmoni o d' altri organi respiratori. Quanto opportuna è la sua composizione, e quanto mirabile la costanza di questa, malgrado il continuo alterarsi dell' ossigene per la respirazione e le combustioni! Si afferma che l' aria è inetta alla respirazione se contiene solo *o*,15 d' ossigene in volume. Nè meno d' una sufficiente dose d' ossigene era necessaria nell' atmosfera una gran quantità di nitrogene (§3,4). Respirando ossigene puro, il polmone presto si altera (L. II, § 36). Le piante non vegetano così bene nell' ossigene puro, come nell' aria comune, taluna, e. g.

il trifoglio, assorbe il nitrogene. I semi non germogliano nell' ossigene misto a troppa copia di gas che non sia nitrogene. L'ac. carbonico (§ 5) era necessario alla vita de' vegetabili, che da esso (o piuttosto dall' ossido di carbonio in cui lo trasformano) traggono il carbonio, e per avventura frena la tendenza alla corruzione delle materie organiche sotto gli stimoli del calorico, dell' umidità e dell' ossigene; ma non doveva esser troppo: l' aria che contiene $o,1$ di questo gas, spegne la fiamma e nuoce agli animali, e se ne contenga più di $\frac{1}{8}$ è anche poco propizia alla vegetazione. I semi non germogliano nell' ossigene, se ad esso sia misto $\frac{1}{3}$ d' ac. carbonico. Ma qual vantaggio si trarrebbe da questi gas, o piuttosto qual male non se ne trarrebbe se non fosse providamente disposto che i gas debbano mescersi, malgrado le differenze di peso specifico? (L. I § 93, 94).

Supponete la densità e la pressione dell' aria molto maggiori di quello che sono: ecco il respiro e l' altre funzioni dipendenti da quelle proprietà, divenute faticosissime o impossibili ad eseguirsi. Fingetele assai minori: l' aria sarà inetta alla respirazione. Potrebbe (e perchè no?) l'atmosfera nostra esser considerabilmente più ampia che non è, come sembra che sieno, rispetto a' loro pianeti, quelle di marte e di giove: ma allora la pressione aumentata altererebbe la struttura de' vegetabili, produrrebbe venti, alla cui violenza nè case nè alberi potrebbero far resistenza ec.

Conveniva che l' aria fosse insipida e inodorifera e soprattutto sensibilmente diafana e senza colore: ma fingiamo che anco in gran massa sia perfettamente diafana, e inetta a riflettere e diffondere i raggi solari. Luce e tenebre disarmonicamente alterneranno, senza crepuscoli; e la subitanea alternativa ripeterassi ogni volta che passiamo da luogo esposto a' raggi solari, o diretti o riflessi da' corpi terrestri, a luoghi ove questi non penetrino, o per converso. I raggi riflessi dalla terra vanno a perdersi in un cielo oscuro, e il mezzo in cui viviamo restare freddissimo. (§8).

Chi non confessa l' utilità de' venti, e. g. per la navigazione, per impedire il putrefarsi delle particelle organiche diffuse nell' aria e nell' acqua? Ma guai all' uomo, se i nostri venti alisei (C. V § 26.) fossero così impetuosi come si credono essere in giove e in saturno, attesa la loro gran mole e velocità di rotazione!

Le temperature estreme sono incompossibili colla vita degli animali. Una temperatura media è la sola che conviene a' vegetabili, all' incirca tra $0°$ e $30°$ R. I semi che hanno sofferto calor superiore a $35°$ R. più non germogliano, diseccati da esso o scomposti. A zero o sotto manca ogni fenomeno vegetabile, fuor solamente in qualche rara pianticella amica della neve. Gli esseri che vivono sulla terra, vivono e si propagano soltanto fra certi limiti di temperatura, diversi per le diverse specie. Quasi tutte le piante hanno d'uopo di determinata temperatura, d' un certo grado d' umidità o di altre condizioni: muoiono o intristiscono in clima diversamente temperato. Dunque era d'uopo che la temperatura del globo fosse sempre racchiusa fra certi ristretti termini, e insieme fosse varia ne' diversi climi. Alcune piante utili maturano in certe regioni e non in altre di temperatura media più alta, perchè in queste la temperatura più s' avvicina all' uniformità e la state il calore non è sufficiente. Qual vita si conserverebbe se la terra girasse nell' orbita di mercurio vicinissima al sole, o nella lontanissima di urano? Se prendesse una figura schiacciata, come l' anello di saturno, a pena vi sarebbe diversità di clima meteorologico, e molte specie organizzate disparirebbero dalla sua faccia; e non pare che alcuna sussisterebbe, se tutto il globo fosse soggetto a variazioni enormi di temperatura, come dee avvenire nelle comete.

E così potrebbe discorrersi qua-

si in infinito per le varie leggi e fenomeni tutti concatenati fra loro: nella natura, ossia nell' *arte divina*, sempre si ammirerebbe l' adattamento de' mezzi ai fini e degli esterni agenti agli esseri viventi e a' loro organi. Ma troppo più tempo, e troppo maggior luogo di quello che si comporti col presente lavoro, richiederebbe questo argomento dolcissimo. Perciò della convenienza e utilità de'vapori invisibili e visibili dispersi per l' aria, delle nuvole, delle piogge, della neve, e delle leggi dell'evaporazione (§41), da cui tuttociò procede, (come pure le sorgenti ed i fiumi) passomene qui ora senza più.

Senza dubbio alcuni fenomeni meteorologici sono all' uomo dannosi, e. g. i fulmini, la grandine e anco le piogge, se sieno soverchie. Ma queste non sono leggi del Creatore, bensì legittime conseguenze di leggi benevole ed utilissime, che non cessano d' esser tali per qualche incommodo che ne conseguita, leggi pel vantaggio delle creature stabilite da quella arcana Sapienza, la quale preferì il procedere nel reggimento dell' universo con volontà uniformi e permanenti, da noi osservate ne' loro effetti, e denominate leggi universali (fuor solamente quando per cagioni d' ordine superiore interviene con volontà speciali); di quella onnipossente sapienza, che non ha voluta perpetua la durazione dell' uomo, delle sue opere, e degli altri esseri organizzati sopra la terra; cui piacque che l' uomo imparasse ad apprezzare il bene per mezzo della cognizione del male; da cui innumerabili benefizî su noi discendono, ma non tali nè tanti da indurci a credere che la beatitudine nostra si trovi in questa regione di pellegrinaggio e di prova.

OMNIA IN SAPIENTIA FECISTI. (*Salmo 103*).

APPENDICE

Aggiunta alla Sez. II.a del Lib. III.o Il sig. Melloni ha recentemente pubblicata una nuova Memoria, nella quale dimostra, che *il nero di fumo ha una virtù assorbente, costante per le diverse specie di calorico*; proposizione importante, perchè gli strumenti destinati a misurare le radiazioni calorifiche si sogliono, e si debbono, coprire di nero di fumo: trova ancora che l'assorbimento de'metalli, ch'è il minore, è sempre proporzionale a quello del nero di fumo, che assorbe quasi al tutto il cal.o radiante: Ciò modifica un poco quel che si è detto della virtù assorbente de' metalli (L. III. § 115.) ove s'è notata qualche differenza, benchè assai picciola, in tal virtù rispetto alle diverse sorgenti di cal.o

Stabilisce poi rispetto al cal.o *diffuso* (§ 120, 125), che il nero di fumo produce una *diffusione* picciolissima e uguale per tutte le specie di cal.o I corpi bianchi da lui sperimentati diffondono assai i raggi de' corpi roventi, e debolmente quei di sorgente di bassa temperatura: questo fatto basta a mostrare che i fenomeni della diffusione calorifica non debbono attribuirsi a vera riflessione regolare o irregolare; poichè questo opererebbe del pari su tutte le specie di cal.o L'azion diffusiva de'metalli è assai forte, principalmente dell' oro, del platino, dell' argento, del rame, e dello stagno, ed è invariabile pe'diversi raggi calorifici; onde rispetto al cal.o i metalli sono ciò che i corpi bianchi rispetto alla luce, i corpi bianchi sopramentovati ciò che sono per la luce i corpi colorati, e il nero di fumo è *nero* sia per la luce sia pel cal.o La *diffusione* rimanda una parte del cal.o incidente proporzionale alla sua energia e così diminuisce l' assorbimento calorifico, come fa la riflessione. Dunque la forza assorbente è in ragione inversa delle forze diffusiva e riflettente: dunque benchè sia vero che *ciò che favorisce l' assorbimento è contrario alla riflessione* (§. 117), non può dirsi esattamente che il potere assorbente e il riflettente sono senza più in ragione inversa fra loro (*a*).

Il medesimo fisico in un più recente scritto prova che la differenza dell'assorbimento calorifico, nelle piastre metalliche scabre o pulite, dipende non già dalle picciole scabrezze prodotte dalla lima o dallo smeriglio, ma bensì dal grado diverso di durezza e d' elasticità: perocchè, mentre l' effetto cresce assai, smerigliando i metalli, che hanno sofferto l' azione del laminatoio o del martello, non si altera punto se rendansi scabre delle lastre non metalliche, (e. g. di marmo) le quali non conservano lo stato di compressione impresso con mezzi meccanici alla lor superficie (L. III, § 110); e assorbe maggiormente la latta levigata che la stessa resa assai men

(*a*) Bibl. Univ. Novembre 1840 p. 162.

liscia per molti e forti colpi d'un martellino. Inoltre se di due piastre d'oro o d'argento fuse e lentamente raffreddate e ben pulite con olio e carbone, una si renda scabra con una serie di strie fatte col diamante, questa, di cui il diamante ha reso più dure alcune parti, assorbe meno dell'altra. Dacchè, togliendo la liscezza, or cresce or cala la virtù assorbente secondochè cala o cresce la durezza e l'elasticità, da questa, non da quella cagione dipende l' effetto. Così un metallo meglio riflette il calorico, se aumentisi la sua durezza. Questo fatto è importante non meno in pratica, per aver migliori riflettori del calorico, che in teorica (*a*).

Al C. XX del L. IV. Le correnti elettriche indotte dall'azion magnetica della terra furono esplorate da Faraday (*Exper. Res. in Electr.* N. 140 e seg.) e dai sig. Nobili e Antinori (V. *Mem.* del Nobili T. 1. p. 244 e seg.) Al presente si occupa con buon successo intorno ad esse il sig. prof. Luigi Palmieri, come si rileva dalla sua memoria: *Alcune Sperienze sulle Induzioni del magnetismo terrestre ed invenzione di una batteria Magneto-elettro-tellurica*. (Napoli 1841)

Al detto C. § 165. Sulle correnti prodotte dall' induzione delle correnti elettriche istantanee e sulla virtù magnetizzante di queste, molte belle indagini ha fatto il sig. prof. Marianini. *Mem. di fis. sper.* Anno 3.° fasc. 1° e 2.°

Al C. XXI. del L. IV. § 177. Avendo ripetuto con buon successo la esperienza di Peltier, ho pensato che forse, come la diversa temperatura in due parti d' una barra metallica, specialmente se questa sia di bismuto o di antimonio (§ 170), desta la corrente el.ª, così per converso essa corrente possa produrre calore nella parte del bismuto ove entra in esso, e freddo in quella onde esce, e all'opposto nell'antimonio. Se la cosa è così, il fatto di Peltier si riduce a una legge di reciproca eccitazione tra la corrente el.ª e due diverse temperature. Ho fatto alcune sperienze e coll' apparato dei due metalli, esplorando la temperatura delle estremità, e con barre di solo bismuto o di solo antimonio, e mi sono persuaso che in questi metalli l'effetto avviene appunto come io aveva immaginato. Il raffreddamento non è grande e talora non si osserva a motivo del calore prodotto dalla corrente destata dall' elemento voltiano. Gli effetti mi sono apparsi maggiori nel bismuto che nell' antimonio, ciò che potea prevedersi per l' analogia coll' altro ordine di fenomeni termelettrici. Sembra verisimile che qualche debole effetto termometrico si potrà osservare eziandio negli altri metalli solidi, posti nelle medesime circostanze; e di fatto de' piccoli abbassamenti e inalzamenti di temperatura mi pare d'avere osservati nel ferro.

(*a*) Compte rendu.... *1841. sem. I. p. 375.*

INDICE

LIBRO QUARTO

Elettrologia.

SEZIONE PRIMA

ELETTROSTATICA.

CAP. I.	*Nozioni generali intorno all' Elettricità*	3
CAP. II.	*Dell' Elettricità eccitata con mezzi meccanici*	6
CAP. III.	*Della Macchina Elettrica e degli Elettrometri*	8
CAP. IV.	*Della Capacità per l' Elettrico, della Tensione e della Carica*	10
CAP. V.	*Dell' Elettricità per Influsso*	11
CAP. VI.	*Della Boccia di Leida, dell' Elettroforo e del Condensatore*	14
CAP. VII.	*Della Distribuzione dell' Elettrico ne' Conduttori*	18
CAP. VIII.	*Delle attrazioni e Repulsioni Elettrostatiche*	20
CAP. IX.	*Delle Elettricità eccitata nel contatto de' Conduttori*	24
CAP. X.	*Dell' Elettromotore o Pila Voltiana*	28
CAP. XI.	*Di varie specie di Pile e in particolare di quelle che si dicono Secche*	32
CAP. XII.	*Di altri mezzi di eccitare l' Elettricità*	35

SEZIONE SECONDA.

ELETTRODINAMICA.

CAP. XIII.	*Della Scintilla e di altri effetti luminosi e calorifici della Corrente Elettrica*	39
CAP. XIV.	*Degli Effetti Meccanici delle Correnti Elettriche*	43
CAP. XV.	*De' Fenomeni principali del Magnetismo*	46
CAP. XVI.	*Dell' Azione magnetica della Terra*	49
CAP. XVII.	*Dell' Azion mutua Attrattiva e Repulsiva delle Correnti Elettriche*	51
CAP. XVIII.	*Dell' Azione del Globo terrestre sulle Correnti Elettriche*	54
CAP. XIX.	*Dell' Azion mutua delle Correnti elettriche e delle Calamite*	55
CAP. XX.	*Delle Correnti Elettriche d' Induzione*	61

Cap. XXI. *Delle Correnti Termelettriche.* . . . 65
Cap. XXII. *Di alcune altre Osservazioni Magnetiche* . 69
Cap. XXIII. *Degli Effetti Fisiologici delle Correnti Elettriche* . . . 72
Cap. XXIV. *De' Pesci elettrici* 66

SEZIONE TERZA

ELETTROCHIMICA

Cap. XXV. *Degli Effetti Chimici dell'Elettricità e primo di quelli delle Scintille* . . 81
Cap. XXVI. *Delle Analisi prodotte dalle correnti Elettriche* 83
Cap. XXVII. *Della Pila secondaria e di altri Fenomeni elettrochimici.* . 87
Cap. XXVIII. *Della Elettricità prodotta dalle Azioni Chimiche* 91
Cap. XXIX. *Della Relazione tra le Forze Chimiche e le Elettriche* . . 92
Conclusione e Congetture . 105

LIBRO QUINTO

Meteorologia

Cap. I. *Dell' Atmosfera e prima della sua Natura chimica.* 113
Cap. II. *Di alcune Proprietà fisiche dell'Atmosfera* 115
Cap. III. *Delle Variazioni del Barometro* . 116
Cap. IV. *Della Temperatura della Terra e dell' Atmosfera.* 118
Cap. V. *De' Venti* . . . 122
Cap. VI. *Delle Precipitazioni Atmosferiche e prima della Rugiada e della Brina* 124
Cap. VII. *Della Nebbia e delle Nuvole.* . . 125
Cap. VIII. *Della Pioggia e della Neve* . . . 128
Cap. IX. *Degli Aeroliti, de' Bolidi e delle stelle cadenti.* . . 130
Cap. X. *Cenni sulle Meteore Ottiche* . . . 131
Cap. XI. *Dell'Elettricità Atmosferica* . . 132
Cap. XII. *De' Temporali.* . 136
Cap. XIII. *De' Vortici o trombe di mare e di terra* 141
Cap. XIV. *Della Grandine* . 143
Cap. XV. *Dell'Aurora Boreale* 147
Conclusione 150
Appendice 153



VOLUME I.

Pag.	Col.	Lin.	ERRORI	CORREZIONI
7	N. (b)	4	quasi $=\frac{4}{1000}$ di lib. romana; più esattamente = 0,003946.	quasi $=\frac{3}{1000}$ di lib. romana; più esattamente a grani 20,38506.
20	1	24	della superiore	dell' inferiore
33	1	2	Giargonio Zn.	Giargonio Zr.
34	1	21	l' uscita in *ico* (lat. *icum*)	l' uscita in *ido* (lat. *idum*)
47	2	4	*Piombo* (Pl)	*Piombo* (Pb)
57	2	40	*opposizione*	*apposizione*
64	2	12	*e molto più in un liquido, o in un solido, che passi a stato aereo*	*e molto più in un fluido aereo, che passi a stato liquido, o solido*
66	1	7	Thilerier	Thilorier
68	1	20	Quando più	Quanto più
79	2	penult.	circa $\frac{1}{200}$	circa $\frac{1}{100}$
83	2	11	nella quali o v' è	nelle quali v' è
»	2	52	quando maggiori per cagioni	quando maggiori o per cagioni
86	1	12	nè al tutto diafani	nè opachi, nè al tutto diafani
»	2	10	in un 1'	in on 1''
87	2	47	traversino	traversi
88	1	22	non li raffredda	non si raffredda
»	1	51	agate	gagate
91	1	21	riflettano	riflettono
»	2	22	riflette 0,377	riflette 0,0377
92	2	10	la luce nascente	la luce uscente
94	1	9	colorifici	calorifici
95	1	37	colorifici	calorifici
96	1	8	*foro*	*foco*
98	2	35	impegnosamente	ingegnosamente
99	2	26	ridardi	ritardi
102	1	12	vegga in *l'* l' estremità *l'*	vegga in *l''* l' estremità *l'*
103	2	14	termomoltiplicatore I	termomoltiplicatore T
105	2	3	Fig. 34	Fig. 54
107	2	19	gagace	gagate
»	2	27	di 200° o 120°	di 100° o 120°
109	2	41	meno	mero
122	2	37	corpo	corpo opaco

Figur. 46. La lettera *o* dovea porsi ov' è *a*, ed *a* fuori del tubo

Figur. 52. Nella base LL del cono luminoso si desidera la lettera *O*, e al vertice del medesimo la lettera *D* in vece di *L*.

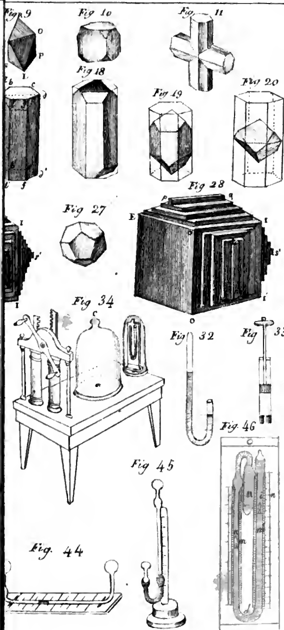
VOLUME II.

Pag.	Col.	Lin.	ERRORI	CORREZIONI
6	1	11	o isolanti	o isolati
9	1	31	se si fa la machina	si fa la machina
»	»	40	È ben che	È bene che
15	1	48	mai non affatto	ma non affatto
»	»	51	che mai è nulla	che mai non è nulla
21	2	30	una parte	di una parte
26	1	2	*che nò*	*che non*
32	1	50	un pezzo di rame	de' pezzi di solfato di rame
53	1	32	porzione *ad*	porzione *nd*
»	»	45	la corrente di *d*	la corrente di *t*
»	2	1	2 correnti	di 2 correnti
»	»	2	le due *ba*	le due *ca*
56	2	21, e 22	MXY	MY
61	1	23	(Il Dal Negro (*a*), il prof. Botto (*b*), e Jacobi)	Il Dal Negro (*a*), il prof. Botto (*b*), e Jacobi si sono con successo applicati a questa indagine. L'effetto si ottiene in più modi. *Le parole omesse nel testo sono per inavvertenza passate nella N.* (*b*)
65	2	16	capi filo	capi del filo
76	1	25	cota dentata	ruota dentata
89	2	49	verticalmente	orizzontalmente
92	1	ult.	dall' alcali	dall' alcali
119	1	38	10°, 20°	10°, 20'
122	1	42	propoganzi	propagansi
»	2	36	assi	assai
123	2	40	ricevere	riceve
124	2	15	qual	quel
131	1	6	*peridotte*	*peridotto*
136	2	25	Ferro	Feroe
140	2	4	*poli elettrici*	*pali elettrici*

Alcune piccole inesattezze, e omissioni sono scorse in qualche figura : l' accorto lettore saprà facilmente supplire, e correggere.
Gli errori di minor conto , e le inesattezze dell' ortografia si condoneranno, e si emenderanno da' cortesi, ed intelligenti leggitori.

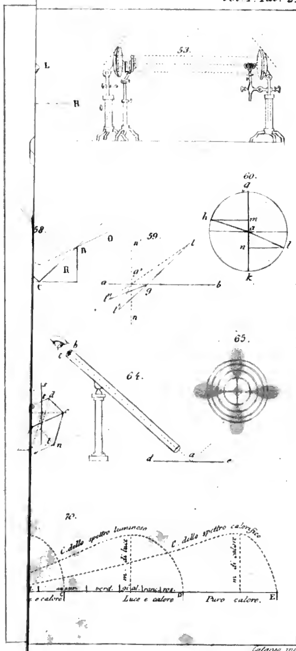
La stampa di quest' opera si è terminata nel Giugno 1841.



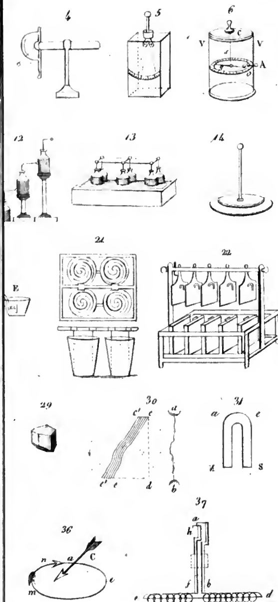

Fig 9
Fig 10
Fig 11
Fig 18
Fig 19
Fig 20
Fig 27
Fig 28
Fig 34
Fig 32
Fig 33
Fig 46
Fig 45
Fig. 44

o.


BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE III
NAPOLI



Catanzaro inc.


4
5
6
C
V
V
A
12
13
14
21
22
E
29
30
c'
c
d
c'
c
d
a
b
31
a
e
N
S
37
36
a
h
n
a
C
m
e
f
b
c
d

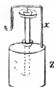
Cataneo inc



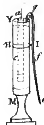
43



44



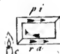
45



50

A B A' B'

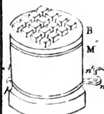
51



52



57



58

p i
r a

59

n s
s n





65



66



Cataneo inc


NAPOLI